06(49.3) B1
c.1

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(49.3)B

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXII — 20 JUILLET 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

22-88523 June 27

Quelques faits de Transformisme expérimental [1]

Il s'est opéré, depuis une dizaine d'années environ, un revirement complet dans l'attitude des biologistes vis-à-vis des principales théories qui essayent de nous rendre compréhensibles l'origine des espèces et l'enchaînement des formes vivantes.

Les faits d'expérience, qui s'accumulent tous les jours, dévoilent les transformations et les variations que subissent rapidement tous les êtres vivants quand on change leurs conditions d'existence, et démontrent, à n'en pouvoir plus douter, la réalité d'un certain transformisme. On parle néanmoins, surtout dans les milieux matérialistes, de la crise du transformisme; on devrait plutôt dire de la crise du Darwinisme matérialiste. On ne peut plus en effet ouvrir un livre traitant des questions d'hérédité, d'évolution, sans y trouver des critiques, parfois très amères, des doctrines darwiniennes, de la sélection naturelle, de la lutte pour la vie, de la survivance du plus apte.

On est unanime à reconnaître que ces prétendues lois et ces principes, appelés à remplacer jusqu'à l'idée du Créateur par des causes naturelles, ont fait une faillite presque complète. Leur rôle a été réduit à très peu de chose ; et devant cet échec, devant cette impuissance, un grand nombre sont restés ahuris et désorientés.

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique, el 16 avril 1912.

Comment cela s'est-il produit ? Pourquoi méprise-t-on aujourd'hui des arguments qui paraissaient hier encore irréfutables ? — Les faits ont-ils changé ? Les réfutations ont-elles été plus convaincantes ? Les expériences ont-elles trompé l'attente de ceux qui les ont entreprises et conduites ? Toutes ces raisons pourraient être invoquées, et il serait aisé de répondre à ces questions par l'affirmative.

En effet, Darwin et ses continuateurs ont eu une conception vague de l'évolution et du transformisme. Ils ont émis, pour expliquer un très grand nombre de faits, des hypothèses qu'ils n'avaient pas pris la peine de vérifier, et même qui n'étaient pas vérifiables. Ils ont accumulé les interprétations ingénieuses, certes, en tenant compte des tendances et des opinions de l'époque ; mais ils n'ont jamais tenté de trouver à leurs hypothèses un appui expérimental.

Il faut toutefois leur reconnaître le mérite d'avoir indiqué les faits sur lesquels l'expérience devait s'exercer, d'avoir soulevé les questions à éclaircir et d'en avoir donné des solutions, tout erronées qu'elles soient.

Elles étaient erronées en effet, mais l'expérience tarda pendant un demi-siècle à le démontrer.

Après cinquante années d'efforts pour établir les doctrines darwiniennes, on est obligé de revenir enfin à une autre doctrine antérieure de cinquante ans à celle de Darwin. La tendance actuelle est bien caractérisée par Gaston Bonnier :

« Un siècle a passé aujourd'hui depuis l'apparition de l'œuvre de Lamarck, un demi-siècle depuis celle de l'œuvre de Darwin ; maintenant quelles sont les conclusions que fournissent l'examen attentif des faits, et les expériences entreprises ? Des milliers de chercheurs dont l'ardeur première a été, il faut le reconnaître, suscitée bien plus par Darwin que par Lamarck, ont

essayé de scruter à fond la nature. Quelle est, à l'heure présente, la tendance actuelle de la plupart d'entre eux ? C'est la critique du darwinisme et la glorification du Lamarckisme (1). »

La doctrine de Lamarck est imposée maintenant par l'expérience, après avoir été ignorée et laissée à l'écart pendant près d'un siècle.

En comparant les idées de ces deux hommes, dont les noms sont désormais inséparables, nous devons faire quelques réflexions sur l'accueil qui leur fut fait par les biologistes.

Lamarck était un savant dont les œuvres zoologiques nombreuses étaient appréciées par les spécialistes ; les découvertes positives qu'il a faites sont restées des acquisitions précieuses pour la science. Son œuvre philosophique capitale eut le malheur d'avoir été écrite par un catholique et à une époque où son adversaire Cuvier était tout puissant en France. On n'accorda aucune valeur à ses théories, on les tourna même en ridicule. Il mourut aveugle, méconnu, incompris de ses pairs, succombant sous les sarcasmes de ses contemporains savants ou philosophes. Sa fille, par piété filiale, le consolait en lui prédisant que l'avenir lui rendrait justice ; elle ne croyait vraiment pas dire aussi vrai.

Darwin n'était pas un vrai savant. Il n'était pas rompu, comme Lamarck, à la sévère discipline scientifique qui s'acquiert par de nombreux travaux personnels. C'était plutôt un philosophe doublé d'un observateur souvent superficiel, mais doué d'un esprit très souple, très ingénieux, très habile à présenter au lecteur avec une grande vraisemblance, les choses dont il n'était pas certain. Il arrivait à un bon moment ; on

(1) Gaston Bonnier, *Pour et contre le darwinisme*. REVUE HEBDOMADAIRE, juillet, 1911.

était fatigué d'accumuler des matériaux sans avoir d'idées générales pour les relier entre eux. On l'accueillit comme un sauveur ; il fut entouré pendant toute sa vie de l'admiration de tous les savants, surtout des incroyants. Il n'eut pas le courage de se séparer de ses disciples, qui poussèrent ses sophismes jusqu'à leur dernière conséquence logique, malgré ses restrictions, à l'encontre de ses conseils de prudence, en dépit de ses scrupules. Il mourut entouré de gloire, mais pressentant l'étendue du mal qu'on avait commis en son nom, et entrevoyant la ruine de son système. Une fois de plus, que cette comparaison nous rappelle qu'il ne suffit pas d'avoir du génie pour conquérir le succès et la gloire en ce monde. On y réussit plus aisément par la souplesse et l'habileté, en flattant les erreurs et en suivant le courant des idées régnantes dans le milieu où l'on s'agite.

Voilà donc le Lamarckisme venu enfin à la mode. On va rechercher aujourd'hui les vieux bouquins enfouis sous des tas de poussière. Des auteurs dont les œuvres et les expériences gênantes avaient été méconnues et autour desquelles on avait en quelque sorte organisé la conspiration du silence, sont maintenant ramenés en pleine lumière. Mendel, Naudin, Jordan avaient entrepris d'étudier expérimentalement les questions si complexes d'hérédité ; leurs résultats ne cadraient guère avec les idées régnantes ; on n'eut pour eux aucune attention. Mais il fallut bien reconnaître la rigueur de leurs méthodes et l'exactitude de leurs résultats, quand on entreprit de faire comme eux, c'est-à-dire d'appuyer les vues théoriques par les preuves expérimentales. On finit trop souvent hélas ! par où l'on aurait dû commencer.

J'ai l'intention de vous entretenir aujourd'hui de quelques-uns des faits expérimentaux qui ont le plus contribué à ramener l'attention des biologistes vers les

idées de Lamarck. Je veux parler de l'influence du milieu extérieur sur les organismes vivants, et sur les transformations que subissent les espèces animales ou végétales qui y sont soumises.

Lamarck concevait la transformation des espèces comme le résultat de leur adaptation au milieu jointe à une longue hérédité des caractères acquis apte à la perpétuer.

Lamarck et ceux qui ont repris sa doctrine, les néo-lamarckiens, admettent donc que, sous l'influence du milieu, par l'action de causes externes et internes, les organismes vivants subissent des changements lents, gradués et insensibles, qui, aidés par le croisement entre espèces voisines, suffisent à expliquer la multitude des formes vivantes.

Les expériences poursuivies en Hollande par De Vries, ont en outre ramené l'attention sur une autre théorie émise par un émule et contemporain de Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire. Elle eut aussi un malheureux sort.

Geoffroy Saint-Hilaire ne partageait pas les vues de Lamarck sur la variation lente ; il admettait plutôt la formation des espèces nouvelles par les variations brusques qu'on observe chez les individus de même espèce. Il fut vraiment le précurseur des mutationistes actuels, qui sont parvenus à prouver la possibilité de la transmission héréditaire des anomalies.

Une troisième opinion est actuellement défendue, qui essaye de réunir et de concilier les deux premières. Giard, professeur à la Sorbonne, distingue, parmi les facteurs d'évolution, des *causes premières :* le *milieu cosmique* comprenant le climat, la lumière, la température, la sécheresse, l'humidité, la composition physique et chimique du sol et des eaux, l'état mécanique du milieu, le vent, le mouvement des eaux ; le *milieu*

biologique, comprenant l'alimentation, le parasitisme, la symbiose, etc. ; et des *causes secondaires* qui, incapables d'expliquer seules les changements d'espèces, contribueraient seulement à l'accélération des variations. Il considère comme *causes secondaires*, l'hybridation, l'hérédité, la sélection naturelle ou sexuelle. Pour Giard, donc, la théorie des mutations serait un complément des doctrines de Lamarck et de Darwin, de la variation lente et continue.

C'est l'étude du milieu cosmique et celle des mutations qui ont retenu surtout l'attention des biologistes, pendant ces dernières années ; c'est de quelques-unes des expériences réalisées dans cet ordre d'idées que je voudrais vous entretenir.

Il est incontestable que le milieu ambiant exerce sur les organismes vivants une action modificatrice. Action complexe, multiple en proportion de la structure des êtres vivants et de la composition chimique et physique de ce milieu.

Il me suffira de vous rappeler quelques expériences classiques pour vous en faire comprendre toute l'importance. Telle substance, même en proportion infinitésimale, est absolument nécessaire à la vie de certains êtres. Le champignon, connu sous le nom d'*aspergillus niger,* si abondant parfois dans nos pots de confiture, ne peut se développer si ce n'est en présence du zinc. Il suffit, d'après les recherches de Javillier, de $\frac{1}{10.000.000}$ de gramme de cette substance, pour que la culture prenne un développement normal, tandis qu'elle ne s'effectue pas en l'absence de ce métal.

Une autre expérience montre quelle précision il faut atteindre et quelles difficultés il faut parfois vaincre pour éliminer telle ou telle substance de la composition des aliments du milieu alimentaire. Pouchet et Chabry, voulant étudier le rôle de la chaux dans le développe-

ment des Oursins et des Étoiles de mer, crurent que le meilleur moyen serait de composer artificiellement de l'eau de mer sans chaux, en mélangeant les substances composantes décelées par l'analyse de l'eau de mer naturelle. Cette eau artificielle fut trouvée impropre au développement des œufs. L'eau naturelle, au contraire, débarrassée de ses sels de chaux par des précipitations successives, permit de suivre le développement. Ces expériences démontrent que l'analyse que nous pouvons faire de l'eau de mer est encore bien incomplète, et qu'il y existe des éléments nécessaires à la vie qu'on ne peut enlever de cette eau par la précipitation de la chaux.

Le milieu n'est pas seulement complexe dans sa composition, il est en outre extrêmement varié suivant sa situation. Les conditions locales occupent des surfaces plus ou moins étendues, et nous n'en soupçonnons l'existence, le plus souvent, que grâce à un petit détail biologique qui en est la manifestation. Un insecte coléoptère, *Dianeous cœrulescens*, vit exclusivement dans la mousse humide, exposée au soleil ; on le trouve seulement autour des chutes d'eau et des sources. Son existence paraît donc liée à des conditions de milieu bien déterminées. Rabaud fait remarquer avec raison que la spécialisation bien localisée de ces conditions serait une explication suffisante de la rareté et de la fréquence de certaines espèces. Les naturalistes distinguent des espèces rares et des espèces communes, suivant qu'ils trouvent fréquemment ou non certains organismes. Par espèces rares, il faut entendre généralement celles dont les échanges ne s'effectuent bien que dans des conditions de milieu très spéciales. Là où ces conditions existent, l'organisme pullule et devient commun. Les botanistes constatent bien, par exemple, que telle plante rare se trouve en abondance en tel

endroit, mais le plus souvent ils n'en peuvent déceler la cause (1).

Dans l'étude de la nature vivante, il faut donc considérer deux choses, l'organisme et le milieu formant un complexe interdépendant.

Lamarck le premier a clairement conçu l'influence de ces deux éléments dans l'évolution ; c'est pourquoi, à l'heure actuelle où tous les efforts des biologistes tendent à mieux connaître les conditions de la vie, l'éthologie en un mot, son nom est dans toutes les bouches. Il avait entrevu l'essence des échanges et des transformations que subissent les êtres vivants sous l'influence des circonstances où leur existence se déroule.

Examinons de plus près quelques-unes de ces circonstances capables de provoquer des variations, des changements de forme et la naissance d'espèces nouvelles. Un mot d'abord des variations brusques ou mutations.

Depuis les expériences fameuses du botaniste hollandais De Vries, qui est parvenu à rendre héréditaires une bonne douzaine de variétés de la fleur connue sous le nom d'*Oenothera Lamarckiana,* des faits analogues ont été rappelés en grand nombre, chez les animaux aussi bien que chez les végétaux.

Planchon a étudié la mutation de *Solanum commersonii,* une pomme de terre sauvage ; pendant quatre années consécutives, les plantes se reproduisirent sans changement, mais elles prirent, dès la cinquième année, un aspect particulier, qui se dessina d'une manière plus marquée au cours de la sixième année, pour prendre les caractères comparables à ceux du *Solanum tuberosum,* la pomme de terre vulgaire. La variation ne fut donc pas tout à fait brusque, mais elle s'annonça dès

(1) Rabaud Étienne, *Le transformisme et l'expérience,* F. Alcan, Paris, 1911, p. 9.

la cinquième année, pour produire, pendant la sixième, des demi-mutations et quelques mutations complètes. Il existe donc, entre les deux termes extrêmes, un certain nombre d'intermédiaires.

Marchal est parvenu à produire des phénomènes analogues chez les animaux. En cultivant la Cochenille du Pêcher *(Lecanium corni)* sur l'acacia, il provoqua le passage brusque de cet insecte à une autre forme nettement distincte. Tout entomologiste, mis en présence de ces produits, aurait conclu à l'existence de deux espèces distinctes. Il cultiva le même insecte sur d'autres arbres, la vigne, la glycine, et produisit une série d'intermédiaires entre les deux formes premières.

Si l'on rapproche ces faits d'une foule d'autres d'observation fréquente sur le polymorphisme de certaines espèces, on arrive à cette conclusion : les variations brusques, en apparence, seraient simplement une manifestation extérieure d'un processus interne continu. Il n'y aurait, entre ces deux catégories de variation, qu'un degré d'amplitude plus ou moins grand. Cette brusquerie de l'apparition ne serait qu'un épisode terminal d'une action lente et continue, et il faudrait simplement conclure que les variations morphologiques s'établissent plus ou moins rapidement suivant des circonstances et sous des influences le plus souvent inconnues.

Quand les conditions de vie changent rapidement, certaines espèces s'adaptent aisément à ces changements en modifiant leur forme extérieure ; mais ces variations n'ont rien de durable, elles n'entraînent aucune modification héréditaire persistante, elles sont polymorphes sous l'influence du milieu.

Les cas de la Renoncule aquatique et de la Renouée amphibie sont bien connus : elles modifient entièrement l'aspect de leurs feuilles. Vivant à l'air, leurs feuilles sont larges, étalées, à limbe lisse, éclatant ; elles sont

chevelues, minces, quand elles sont immergées. Le Dantec les compare au soufre qui, sans pour cela changer de composition, cristallise en rhomboèdre ou en prisme, et passe d'une forme à l'autre sans perdre pour cela aucune de ses propriétés (1).

Quand on se trouve devant un cas de mutation, il faut d'abord s'assurer qu'il ne présente pas de polymorphisme, avant de conclure à l'existence d'une réelle mutation héréditaire. Quelle est la limite entre les deux ? Quelles sont les raisons déterminantes de cette hérédité ? Pourquoi telle variation passe-t-elle d'une génération à une autre, tandis que telle autre n'y passe pas ? Ce sont là autant de questions encore sans réponse, dont on poursuit la solution jusque dans les ultimes particules des cellules reproductrices.

Toutefois, une chose apparaît certaine, c'est qu'il existe, entre les deux modalités extrêmes, des degrés intermédiaires, et que la différence entre les deux n'est pas aussi marquée que certains voudraient le prétendre.

Giard me paraît avoir exprimé très justement ce qu'il faut penser des mutations :

« En examinant la question de très près, dit-il, et en pénétrant au fond des choses, il m'est impossible de trouver, dans la théorie des mutations, autre chose qu'un utile complément des doctrines lamarckiennes et darwiniennes de la variation continue... Tandis que les variations ou fluctuations peuvent être comparées à des mouvements graduels d'oscillation de part et d'autre d'une position moyenne, les mutations représenteraient autant d'états d'équilibre stable entre lesquels ne peuvent s'établir des passages continus.

» Les formes intermédiaires à ces états d'équilibre ne sont pas réalisées explicitement, parce qu'elles ne

(1) Le Dantec, *La crise du transformisme*, F. Alcan, Paris, 1910, p. 53.

correspondraient pas à des états de stabilité suffisante (1) ».

Puisque ces variations brusques sont soumises aux mêmes causes primordiales que les autres, nous pouvons maintenant, après avoir montré comment il faut les interpréter, aborder l'étude des autres variations beaucoup plus nombreuses, dues à l'influence du milieu cosmique.

Tout d'abord, répondons à une question préalable. Tous les organismes subissent-ils l'action d'un milieu nouveau d'une manière uniforme? Non, les organismes répondent différemment à des conditions identiques ou analogues. Les parties diverses d'un même organisme ne subissent pas de la même manière l'influence d'un même milieu. Ainsi les organismes répondent différemment aux excitants suivant leur âge. Ils sont beaucoup plus sensibles dans leur état embryonnaire et dans leur jeunesse, et, par là même, beaucoup moins résistants ; c'est donc à cet âge que les causes de variation ont le plus de chances de produire des effets durables. L'organisme adulte modifie au contraire sa morphologie beaucoup plus difficilement.

Il existe même des êtres vivants, animaux et plantes, qui paraissent vraiment résister à la variation ; on les qualifie alors d'organismes *robustes* pour les opposer à ceux qui se modifient plus facilement et qu'on appelle pour cette raison des êtres *délicats*.

Ces êtres robustes ne subissent-ils réellement aucun changement? Sont-ils réellement fixés dans leur forme définitive ? Nullement, on veut seulement indiquer par là, qu'après avoir varié, ils reviennent plus ou moins vite à leur forme première. Ils résistent mieux que les autres aux changements de milieu, ils s'adaptent mieux à un nombre plus grand de conditions de vie.

(1) Giard, *Les facteurs de l'évolution*. REVUE SCIENTIFIQUE, 1889, n° 21.

Quand peut-on dire qu'un être est adapté à un milieu nouveau pour lui? Qu'est-ce au fond que l'adaptation ?

On entend par adaptation, le fait, pour un être vivant placé dans un certain milieu, d'avoir avec ce milieu un système d'échanges compatible avec la vie.

Un être dont le milieu ambiant vient à changer se trouve placé entre deux alternatives : la vie ou la mort. S'il résiste et continue à vivre, on peut dire qu'il s'est adapté ; s'il meurt, nous concluons qu'il n'y a pas réussi. Ici encore, entre les deux extrêmes, il existe des intermédiaires ; les uns supportent le changement plutôt mal que bien, et mettent beaucoup de temps à s'adapter ; les autres s'adaptent au contraire facilement, et le milieu nouveau provoque chez eux des variations morphologiques qui peuvent être durables ou non, héréditaires ou non. C'est dans l'occurrence que se manifeste réellement une sélection et une survivance des plus aptes. Mais cette sélection n'est pas, comme le concevait Darwin, une cause agissante et déterminante ; c'est plutôt le résultat de l'action des facteurs nombreux qui ont modifié le milieu et peuvent provoquer une variation, conséquence de l'adaptation.

Voyons maintenant ce que l'expérience a démontré de l'action de ces facteurs externes de variation, et tout d'abord, des facteurs mécaniques, tels que la compression, l'action du vent, des vagues, des courants d'eau.

Vous connaissez ces petits crustacés cirripèdes nommés Balanes, qui recouvrent les rochers littoraux et qui, dans notre pays, se rencontrent communément fixés sur l'écaille des huîtres et des moules. A l'état larvaire, ils mesurent à peine quelques dizièmes de millimètre et recouvrent le plus souvent tout un rocher comme d'un enduit. Les larves se fixent, se métamorphosent, grandissent, se gênent au fur et à mesure qu'elles s'arrondissent et se compriment mu-

tuellement. Un bon nombre meurent certainement écrasées, mais les autres continuent de s'accroître en se déformant. Elles perdent leur contour arrondi et régulier au contact des obstacles qu'elles rencontrent ; à leur base c'est le rocher, sur leur pourtour ce sont leurs congénères qui s'opposent à leur accroissement. Il ne leur reste que l'espace supérieur pour s'accroître librement ; aussi elles s'allongent, se contournent en tubes le plus souvent tordus. Elles sont donc manifestement déformées par la compression.

La végétation le long des dunes, le long des routes du littoral est maigre, naine, courbée dans le même sens. Sous l'action des vents dominants et violents, ces plantes, ces arbres sont soumis à une évaporation considérable ; malgré leur voisinage de la mer, leur végétation souffre d'une pénurie d'eau, et ils restent nains. Ces modifications sont purement superficielles. Ces organismes se sont modelés aux circonstances de leur milieu, mais leur composition physico-chimique est restée la même, aussi leurs déformations n'ont rien de permanent et d'héréditaire.

De même les variations de forme de la coquille chez les mollusques appelés Patelles, seraient dues, selon Giard, à leur situation par rapport au mouvement des vagues.

Ces mollusques gastéropodes vivent sur les rochers et sur les falaises au bord de la mer. Ils sont sédentaires et peu mobiles dès qu'ils ont choisi leur emplacement. On les trouve sur leurs rochers, les uns fixés sur la face qui regarde la mer, les autres du côté opposé regardant vers la côte, sur le côté qui reçoit le choc des vagues aussi bien que sur le côté qui en est protégé. Or, les coquilles qui regardent la terre sont hautes et coniques, celles qui regardent la mer sont moins hautes et présentent des surfaces limitées par des arêtes. Celles qui se trouvent plus loin de la côte vers la mer et reçoivent

le choc des vagues d'une manière interrompue, sont complètement aplaties. Ces trois particularités correspondent bien au degré d'intensité de l'action des vagues et aux conditions de la résistance qu'y oppose l'animal. Les vagues qui tombent d'une manière presque continue sur les plus exposés, menacent de les entraîner : l'animal se fixe plus énergiquement au rocher et aplatit sa coquille, qui offre ainsi moins de prise à la vague. S'il est au contraire protégé par un rocher, il n'éprouve pas cette nécessité de s'aplatir, et la coquille devient haute et cylindrique.

Ces modifications individuelles ne sont ni fixées ni héréditaires, mais on est parvenu, en étudiant les moisissures, en les soumettant à des mouvements vibratoires d'intensité croissante, à changer entièrement le cycle de leur développement et à leur donner des caractères héréditaires.

On soumet des cultures de *Mucor flavus* à des secousses vibratoires continues, et voici les changements qu'on observe :

Ce champignon vit normalement sur les champignons vulgaires, les agarics, et son mycélium est ramifié et sans cloison. Après une durée variable de vibration, on voit les ramifications se resserrer, la membrane du mycélium s'épaissit, les cloisons naissent très nombreuses puis se séparent, les fragments se dissocient et donnent des espèces de fructification qui se divisent en spores semblables à des levures capables de fermentation.

Si le Mucor est soumis à l'action de 15 à 20 secousses à la minute, le mycélium se cloisonne dès le dixième ou le quinzième jour de la culture et est terminé entre le vingtième et le trentième jour. La transformation ne va pas plus loin. D'autres cultures secouées jusqu'à 60 fois par minute, se cloisonnent dès le second jour, les segments séparés sont abondants dès le troisième,

et ils sont complètement dissociés dès le quatrième jour. Les fructifications sont mûres vers le septième jour et les formes levures apparaissent le huitième.

Si l'on accélère encore le mouvement jusqu'à 120 secousses à la minute, dès le premier jour, les cloisons apparaissent, la dissociation s'opère le lendemain, et les levures sont formées le cinquième jour.

Mais le caractère le plus curieux de ces transformations, c'est qu'elles sont héréditaires, et se perpétuent pendant un grand nombre de générations successives. On peut bien, il est vrai, les ramener à la forme du mycélium primitif, mais seulement après un temps très long et par des moyens artificiels. Abandonné à lui-même, après ces secousses, le Mucor flavus garde ses caractères acquis pendant très longtemps ; on peut donc produire une variation durable et héréditaire.

Examinons maintenant quelques modifications de nature chimique, consécutives soit à l'addition de substances nouvelles au milieu ambiant, soit à la suppression d'une substance habituelle au milieu.

Des modifications de cette nature ont été très fréquentes au cours des temps géologiques, et continuent à se produire. Des lacs salés perdent peu à peu leur salure : telle la mer Baltique, presqu'entièrement isolée de l'océan, grâce à un apport continu d'eau douce. Des phénomènes inverses se produisent également. Des êtres habitués à l'eau douce passent tous les jours dans l'eau salée ou dans des eaux saumâtres. On rencontre en Algérie, en Hongrie, en Lorraine à proximité de terrains riches en sels minéraux, des mares d'eau salée qui n'ont certainement pas une origine marine, et où pourtant une faune et une flore aquatiques abondantes vivent très à l'aise. On n'y rencontre ni l'iode ni le brome, comme dans les eaux marines, mais on y trouve parfois des proportions notables de sulfate de

chaux, de chlorure de sodium, d'alumine et d'oxyde de fer.

Dans ces mares salées, habitent des organismes que l'on rencontre dans la mer et dans les eaux douces, et d'autres qui n'ont aucun de leurs semblables dans la mer. Ces organismes sont certainement des êtres dulcicoles qui ont été entraînés dans la mer par les eaux continentales. Florentin en a fourni la démonstration expérimentale (1).

Frontania marina, est un protozoaire qui vit aussi bien dans les mares salées que dans la mer. *Frontania leucas* habite les eaux douces; il diffère peu de l'autre espèce, il est plus gros et chargé de grains verts de chlorophylle. Or, si l'on plonge *Frontania leucas* dans de l'eau *progressivement salée*, on voit la taille diminuer peu à peu, la chlorophylle disparaître, et l'animal prendre la forme du *Frontania marina*.

Il faut conclure, selon toute vraisemblance, que l'un dérive de l'autre.

Mais on a serré le problème de plus près, en opérant expérimentalement le passage de l'eau douce à l'eau de mer et réciproquement, et en se servant d'animaux mieux organisés que des infusoires ou des protozoaires.

Vous connaissez tous les *Tubifex*, ces petits vers rougeâtres qui s'étalent à la surface de toutes les eaux sales, sur la vase noire des berges de nos égouts. Quand on les transporte dans une eau saumâtre, on observe, dès la première génération, que leur coloration se fonce, les soies qui les terminent diminuent de nombre et de taille. A la seconde génération, toutes les soies ont disparu, la paroi du corps s'épaissit, et le corps lui-même se gonfle en une ampoule en son milieu.

L'étude des crustacés a fourni des résultats devenus

(1) Florentin, ANNALES DES SCIENCES NATURELLES, 1899.

classiques. Les Cyclops sont de petits crustacés à peine visibles à l'œil nu ; l'espèce *Cyclops bicuspidatus* est très commune dans les eaux douces ; elle possède des antennes à 17 articles. On a trouvé, dans les marais salants d'Odessa, des individus qui n'avaient que 14 articles aux antennes. Schmankevitsch en fit une espèce sous le nom de *Cyclops odessanus*, et démontra que *Cyclops bicuspidatus* se transformait en *odessanus*, en passant de l'eau douce à l'eau salée (1).

Le même auteur fut amené, par une circonstance fortuite, à étudier un autre crustacé, l'espèce *Artemia salina*. Elle habite normalement l'eau salée, même de salure faible. Schmankevitsch avait noté sa présence dans un lac salé à 3,8 pour cent, séparé par une digue d'un autre lac salé à 25 °/₀. La digue vint à se rompre et les eaux des deux lacs se mélangèrent en donnant une salure moyenne de 8 °/₀. On répara la digue, et bientôt le lac reprit sa salure très forte. Un grand nombre d'Artemia avaient été entraînés ainsi dans un milieu nouveau ; des modifications de leur aspect extérieur intervinrent qui donnèrent aux *Artemia salina* un aspect très voisin d'une autre espèce, *Artemia Mulhauseni*. Elles étaient devenues plus petites, les branchies étaient au contraire plus grandes, l'abdomen, divisé en deux lobes bifurquants, s'était arrondi, les soies qui terminaient la queue avaient disparu. La constatation de ces faits suscita l'idée de les réaliser à nouveau expérimentalement, et même de faire l'épreuve contraire.

Schmankevitsch diminua progressivement la salure de l'eau, et il vit ainsi *Artemia salina* prendre tous les caractères de formes d'eau douce bien connues, sous les noms de *branchipus, medius, ferox,* crustacés phyllopodes, à pattes foliacées au moyen desquelles ils

(1) Schmankevitsch, ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFTL. ZOOLOGIE, 1875.

respirent. La forme marine, en passant dans l'eau douce, augmentait considérablement de taille, et un neuvième segment s'ajoutait à l'abdomen.

On a observé des transformations analogues sur les poissons. L'Épinoche d'eau douce a environ 5 centimètres de long, son dos porte trois épines très aiguës et elle est revêtue de 5 plaques cuirassées sur ses faces latérales. Quand on la transporte dans l'eau de mer, sa taille augmente, atteint huit centimètres, les plaques écailleuses se multiplient, et les épines deviennent plus fortes.

La constatation de ces faits tourna naturellement l'attention des naturalistes vers l'étude des animaux littoraux. On se demanda si tous les animaux étaient capables de subir des changements de milieu, et quelles étaient les conditions les meilleures pour les réaliser.

L'observation des phénomènes naturels donna de suite des réponses satisfaisantes. On remarqua que certains groupes d'animaux supportent parfaitement le passage brusque de l'eau douce à l'eau de mer ; les insectes, les crustacés, les poissons, grâce à la structure des parois de leur corps, résistent très bien à l'action du sel. On a trouvé des hydrophiles, des notonectes très loin en mer, et très vigoureux. Les animaux mous, tels que les tuniciers, les mollusques sont moins résistants et succombent généralement quand, à la suite d'une tempête, d'une inondation, ils sont jetés brusquement dans les mares d'eau douce, ou dans l'océan. Le passage, pour s'opérer dans de bonnes conditions, doit se faire lentement et progressivement.

C'est d'ailleurs ce qui se passe quotidiennement dans la nature : de la mer à la rivière, la salaison progressive existe à l'embouchure, dans les eaux saumâtres où les animaux, par un va-et-vient continuel, peuvent s'habituer sans danger grave pour leur vie. N'existe-t-il

pas d'ailleurs des poissons qui passent périodiquement de l'un à l'autre milieu à l'époque du frai ? Le saumon remonte en eau douce, jusque dans les montagnes, pour aller frayer, tandis que, en sens inverse, l'anguille descend les fleuves pour gagner les bas fonds du golfe de Gascogne ou de l'océan sur les côtes d'Écosse ou d'Irlande.

A la suite d'un passage brusque, la mort survient par soustraction ou addition d'une trop grande quantité d'eau à l'intérieur des tissus. Mais ce que les adultes peuvent supporter en ce genre, les œufs le peuvent-ils ?

Oui, le plus souvent, à condition qu'il se soit écoulé un laps de temps suffisant pour permettre l'établissement d'un nouveau système d'échanges organiques entre les liquides internes du corps et l'eau extérieure. Dans ces conditions, les œufs ont pu subir, à l'intérieur du corps, une préparation progressive.

Il y a quelque quarante ans déjà que le professeur Plateau de Gand en a fait la démonstration, en se servant de la toute petite crevette d'eau douce, l'*Asellus aquaticus*, commune dans tous nos ruisselets. Paul Bert fit de même avec les Daphnies. Ils parvinrent à leur faire supporter, pendant quarante-cinq jours, une solution de sel à 1 1/2 pour °/₀. Les animaux adultes moururent, mais ils avaient pondu entre temps, les œufs se développèrent, et les jeunes s'adaptèrent au nouveau milieu.

Après avoir constaté les faits, on a essayé différentes explications des variations de forme qui sont ainsi survenues.

La première et la plus simple consiste à dire que le protoplasme, pareil à une membrane perméable, laisserait passer seulement l'eau et arrêterait les sels qui y sont dissous. L'eau intervient, en effet, dans la constitution du protoplasme vivant dans des proportions qui

varient de 70 à 98 %, suivant les espèces. On comprend facilement que la quantité d'eau libre dans l'organisme contribuera à lui faire supporter un changement brusque, suivant qu'il se déshydratera ou s'hydratera plus ou moins vite. Les animaux à peau nue résistent moins bien en général. L'anguille est un excellent sujet d'expérience pour le démontrer. Quand on lui laisse le mucus glaireux qui est sécrété par la peau, elle passe indifféremment de la rivière à la mer ; mais dépourvue de sa mucine, elle succombe rapidement. Les arthropodes, à cause de leur manteau de chitine, résistent admirablement ; les infusoires, par contre, meurent après une demi-heure, ratatinés et déshydratés.

L'eau est donc un facteur essentiel et important de la vie, chacun le sait ; mais il ne faut pas toutefois exagérer son importance, ni croire qu'on doive négliger les sels qui y sont dissous, comme facteurs d'adaptation et de variation morphologique.

Un grand nombre d'êtres, d'ailleurs, résistent admirablement à la dessiccation ; les œufs de tous les êtres qui vivent dans des mares desséchées pendant plusieurs mois de l'année, sont bien, il est vrai, arrêtés dans leur développement pendant ce laps de temps ; mais, replacés dans l'eau, ils sortent de leur engourdissement pour évoluer rapidement.

La composition chimique de l'eau joue aussi un rôle très important, établi par une foule d'expériences qui démontrent que l'osmose seule est insuffisante à assurer les échanges, et qu'on aurait tort de considérer la substance vivante comme une membrane inerte.

La substance vivante a, au contraire, des affinités très variées et très spéciales, suivant les individus, pour telle ou telle substance chimique. On sait aujourd'hui que le milieu aqueux, pour suffire à la vie, doit être un mélange en proportions variables de sels de sodium,

de potassium, de calcium et de beaucoup d'autres substances encore.

C'est d'ailleurs ce que les botanistes, les agronomes ont démontré depuis longtemps, dans leurs recherches sur les engrais chimiques ; il suffira de rappeler ici les travaux de Molliard, pour démontrer que le développement de l'individu ne dépend pas seulement d'un simple changement de pression osmotique.

Nous avons étudié jusqu'ici des animaux ou des plantes aquatiques ; examinons maintenant quelques êtres terrestres ou aériens, et nous verrons ici encore le rôle de l'eau, de l'état hygrométrique, intervenir comme facteur très actif de variation.

Les effets de la sécheresse et de l'humidité retentissent de manière très sensible sur l'aspect extérieur des êtres vivants. Les Botanistes ont particulièrement poussé cette étude, parce que les végétaux sont un matériel facile et donnent des résultats facilement analysables, tout en étant de portée générale. On a remarqué, depuis longtemps, l'abondance des plantes à piquants dans les régions où règnent un climat sec et une lumière vive. L'idée d'une corrélation entre ces faits vint naturellement à l'esprit, et c'est ce que démontra Lothelier dans un travail devenu classique. Il cultiva 18 espèces de plantes dans les conditions normales de leur habitat et comparativement dans une atmosphère humide.

Sous la simple influence d'une trop grande humidité, il vit les plantes perdre peu à peu leurs piquants, suivant deux modes distincts. Les piquants n'ont pas, en effet, la même origine ; les uns proviennent de la transformation d'une feuille ou d'un rameau, les autres d'un organe accessoire comparable aux stipules. Ces derniers disparurent tout simplement, les autres reprirent leurs formes primitives ; les épines provenant de rameaux s'allongèrent en pousses feuillues ou en feuilles, qui

prirent même une forme s'acheminant vers celle des feuilles submergées.

On observe pourtant parfois des piquants dans une atmosphère humide ; c'est que l'anhydrobiose, la pénurie d'eau, se fait sentir dans l'intérieur des tissus de la plante, par suite d'une accumulation trop grande de sels ou de substances analogues. Malgré l'humidité de l'air ambiant, la plante, dans ces conditions, manque d'eau dans ses tissus. Molliard a réalisé expérimentalement cet état, en nourrissant des plants d'ajonc avec du sucre en solution à 5, à 10 et à 15 %. Dans les deux premières solutions, la croissance fut activée, et en même temps, sans déperdition d'eau, les piquants se multiplièrent et la chlorophylle s'accumula, tout comme pendant une période de sécheresse. Cette sécheresse était interne et provenait de l'accumulation du sucre dans les tissus, aboutissant, au point de vue des échanges, à jouer, dans l'économie, le même rôle qu'une disette d'eau.

Chez les animaux, l'état hygrométrique de l'air explique, d'une manière très simple, certains phénomènes que l'on attribue généralement à l'instinct. Les escargots aiment l'humidité, chacun sait cela, ils ne sortent de leur coquille et ne cheminent le plus souvent qu'après la pluie ; certaines espèces suivent l'humidité partout, dans tous les endroits où elle dure le plus en temps de sécheresse ; d'autres ne prennent pas cette précaution et restent fixés à l'endroit où la sécheresse les surprend, sur un mur ou sur une branche. Ils bouchent l'ouverture de leur coquille par une mince membrane pour résister à l'évaporation, se retirent au fond de leur demeure et attendent patiemment des temps meilleurs. Quand ils se dessèchent, ils se terrent ; quand ils s'hydratent, ils cheminent !

Prenons quelques-uns de ceux qui sont, en apparence, desséchés, et plaçons-les sous une cloche saturée

d'eau ; aussitôt qu'ils sentiront l'humidité, on les verra se gonfler, s'étaler et glisser sur les parois de la cloche, malgré la température élevée et la sécheresse extérieure à l'atmosphère où ils se meuvent. On dirait qu'ils subissent le gain ou la perte de l'eau aussi passivement qu'une éponge. Des espèces littorales de mollusques et de vers suivent ainsi, presqu'automatiquement, le flux et le reflux de la marée (1).

Est-ce l'instinct, ou une réaction purement physique ?

On a même essayé de ramener la naissance de la vie sociale à un état hygrométrique de l'air.

Girard a étudié et décrit les larves d'un insecte diptère qui vit dans la moelle du Séneçon et s'y nourrit. Ces larves supportent parfaitement une dessiccation intense pendant plusieurs semaines, et il suffit de quelques heures d'humidité pour les rappeler à leur aspect luisant, à leur couleur et à l'activité. Elles subissent une véritable attraction pour l'eau. Il suffit d'humecter un endroit quelconque de la tige desséchée, pour voir aussitôt les larves se diriger vers ce point. Dans l'état normal de dessiccation graduelle de la tige de Séneçon, les larves descendent progressivement du sommet de la plante jusqu'à la base, suivant vraiment l'eau au fur et à mesure qu'elle manque à la plante. Des larves d'autres espèces vivent sous l'écorce des arbres, et on trouve parfois, en soulevant un fragment d'écorce, des milliers d'individus rassemblés au même endroit toujours humide. Ainsi seraient nés, disent certains naturalistes, l'instinct social de certaines espèces animales et leurs migrations périodiques. Un grand nombre de phénomènes instinctifs chez les animaux seraient dus à des facteurs analogues.

La chenille qui file un cocon pour s'abriter tant que durera son état de chrysalide, répond à une influence

(1) Étienne Rabaud, *op. cit.*, p. 146.

instinctive, dit-on communément. Dans certaines circonstances, très simples pourtant, on peut très bien détourner ces chenilles de leur instinct. Il suffit de placer les chenilles du ver à soie dans une atmosphère humide, pour supprimer purement et simplement le filage du cocon. La chrysalide se forme de la même manière et devient papillon.

De là certains naturalistes, surtout antifinalistes, essayent de démontrer que les instincts, tout aussi bien que les formes, peuvent se ramener tout simplement à l'action de facteurs externes.

Les changements de formes dus au climat, à l'altitude, à l'action de la température et de la lumière, sont innombrables et ont été étudiés chez un grand nombre d'êtres, animaux ou végétaux. Je veux pour terminer vous en faire connaître quelques-uns.

Rappelons d'abord, pour mémoire, les phénomènes de dimorphisme saisonnier connus de tous, qui consistent en un changement de couleur. Vous savez que les écureuils communs, roux en été, ont le dos brun en hiver, et le ventre blanc. Tous les animaux polaires sont blancs ou presque blancs ; la perdrix, le lièvre, le renard, l'hermine changent de pelage dans les régions où l'hiver se prolonge.

On avait de bonnes raisons de croire que cette alternance de coloration des poils ou des plumes était due à la température; on l'a démontré expérimentalement pour plusieurs espèces de papillons, en faisant voir que certaines espèces arctiques étaient les mêmes que d'autres vivant dans les régions tempérées. En soumettant au froid, des chrysalides et des chenilles de papillons de nos régions chaudes, on obtint des espèces arctiques dont les taches, les lignes, les couleurs ont varié sous l'influence de la chaleur.

En chauffant l'œuf d'un papillon *Callimorpha* à une température de 25 à 30°, on provoque une accélération

notable de son développement embryonnaire et larvaire, mais la taille de l'animal se réduit presque de moitié ; de 55 à 60 millimètres d'envergure, l'adulte tombe à une taille de 35 millimètres.

Les recherches de Kammerer sur les Reptiles et les Batraciens, sont encore plus concluantes (1).

Le lézard des murailles présente un dimorphisme sexuel bien connu : le mâle a le ventre rouge pointillé de noir, la femelle a le ventre blanc. Le mâle porte des taches noirâtres sur le dos, mais trop peu nombreuses pour former une ligne bien nette ; la femelle, au contraire, montre sur le dos deux lignes noires longitudinales très distinctes.

L'action constante d'une température élevée supprime ces deux différences : la femelle perd ses lignes dorsales, et son ventre devient rouge. Ces caractères ne sont pas une acquisition définitive pour l'animal : il peut les perdre par la suite, mais il peut les transmettre à ses descendants dans l'état où il les possède.

L'action de la température et de l'altitude combinées, peut produire des modifications beaucoup plus profondes.

Kammerer a étudié l'action de ces facteurs sur deux espèces de salamandres voisines, la salamandre noire, qui vit dans les Alpes à de hautes altitudes, entre 800 et 3000 mètres, et la salamandre tachetée de jaune, commune dans les Ardennes, et qui ne dépasse pas une altitude de 1500 mètres. La salamandre noire est plus petite, elle donne naissance tous les deux ans à deux petits qui vivent, immédiatement après la naissance, de la vie terrestre. Elle est donc vivipare, et le développement des petits s'accomplit dans l'utérus. Elle produit pourtant un plus grand nombre d'œufs, mais deux seulement arrivent à maturité et peuvent poursuivre

(1) Kammerer, Archiv für entwickel. Mechanik, 1910 et 1911.

leur entier développement. Les autres sont arrêtés en route pour former un amas nutritif, et dégénèrent.

La salamandre tachetée met bas tous les ans, même parfois deux fois par an, de 15 à 70 petits. Elle est vivipare aussi, mais à un degré moindre ; les œufs se développent pendant un an environ pour arriver à maturité, ils séjournent tous dans l'utérus, où l'embryon prend sa forme larvaire. Mais ces larves, au moment de la ponte, vivent dans l'eau pendant un temps assez long, plusieurs mois ; elles sont d'abord d'un gris cendré, leur couleur se fonce peu à peu, vire au noir de jais, sauf en certains endroits où ils deviennent jaunes d'or. Tous les œufs qui arrivent à maturité sont fécondés et parviennent à leur entier développement.

Kammerer élève la *salamandre tachetée* à une température moyenne de 10 degrés (inférieure donc à la normale), et il observe que le nombre d'œufs qui arrivent à maturité diminue, le plus grand nombre se désagrègent, et 2 à 7 seulement poursuivent leur développement dans l'utérus (auparavant le nombre atteignait jusqu'à 70). Les embryons sont plus développés et, fait qui se produisait seulement après la ponte, ils sont déjà porteurs de branchies.

Il fit l'inverse pour la salamandre noire qu'il maintint à une température d'environ 25 à 30 degrés (supérieure à la normale), dans l'air humide. Les phénomènes de maturation de l'œuf s'accélérèrent, de même que le développement de l'embryon. Les œufs qui, normalement, dégénéraient tous, à l'exception de deux, arrivèrent en plus grand nombre à maturité, et il put obtenir jusqu'à 10 têtards par femelle ; ces têtards portaient des branchies comme ceux de la salamandre tachetée. Chose plus intéressante encore, les adultes issus de ces têtards parvinrent à maturité sexuelle et transmirent toutes ces particularités à leurs descen-

dants. De plus, les petits présentèrent les taches jaunes qui caractérisaient la salamandre tachetée.

En voilà assez pour vous faire comprendre quelles sont les préoccupations actuelles des biologistes. Ils ont obtenu des résultats tout aussi probants, en étudiant d'autres facteurs d'ordre plutôt biologique, tels que l'alimentation, l'hybridation, le croisement, le parasitisme.

L'étude du milieu où les êtres vivants se meuvent, vivent et se reproduisent, domine donc, à l'heure actuelle, la pensée de presque tous les naturalistes. Des instituts spéciaux ont été créés pour y poursuivre des recherches de cette nature, d'une manière systématique. Les résultats que je mentionnais tantôt, obtenus chez les Batraciens par Kammerer, ont été réalisés à l'institut spécial créé à Vienne pour l'étude de la descendance. Carnegie a contribué à en établir un semblable en Amérique. Tous les instituts biologiques importants sont maintenant outillés pour poursuivre des recherches analogues. Dans notre pays, le professeur Massart, de l'Université de Bruxelles, se distingue particulièrement par ses travaux personnels et par son enseignement.

On a donc repris les idées de Lamarck, mais incomplètement, et ceux qui poussent le plus activement à cette reprise, en méconnaissent une partie essentielle.

Ils sont en majorité matérialistes et ne voient, dans les actions du milieu sur l'organisme et dans les réactions des organismes vis-à-vis des facteurs externes, qu'un simple processus physico-chimique.

Pour eux, la vie se ramène à une succession de phénomènes mécaniques et physico-chimiques. Telle n'était pas du tout la pensée de Lamarck qui était vitaliste et qui admettait, comme facteurs de variation, des causes internes, les habitudes. Ils dénaturent donc la pensée du célèbre naturaliste français pour la faire servir à justifier les sophismes de leur fausse philosophie.

Pour eux, toute découverte dans ce nouvel ordre d'idées est une victoire démontrant l'absence de finalité dans le monde. Ils prétendent, par ces explications simplistes, faire comprendre la complexité si grande des phénomènes vitaux.

Ceux qui ont quelques connaissances des phénomènes biologiques et qui ont reçu un enseignement sérieux des sciences de la vie ne se contentent pas de si peu. Aussi parmi les hommes qui étudient et qui réfléchissent le nombre des vitalistes va tous les jours en augmentant, et vous êtes au courant de ce mouvement néovitaliste par les articles de la Revue des Questions scientifiques (1). Mais il n'atteint jusqu'ici qu'une élite.

Je vous ai exposé tous ces faits en les considérant simplement comme de pures manifestations de phénomènes physiques et chimiques, pour vous faire comprendre que la majorité d'entre nous, et la majorité du peuple, n'entrevoient la vie et n'expliquent les phénomènes vitaux qu'au travers de quelques notions de physique et de chimie.

Je vous laisse à penser quels arguments les matérialistes peuvent en tirer, quand ils parlent devant des ignorants des sciences biologiques ! Et on dirait que nous, catholiques, nous nous efforçons de leur préparer un auditoire sympathique, et que nous nous évertuons à leur fournir un terrain propice pour y faire éclore leurs sophismes.

La plus grande partie de notre jeunesse ne reçoit en fait d'enseignement scientifique que des notions élémentaires, très élémentaires, de chimie et de physique, et

(1) Voir entre autres les articles suivants : V. Grégoire, *Le mouvement antimécaniciste en Biologie*, 3e série, t. VIII, 20 octobre 1905, p. 385 ; R. de Sinéty, *Un demi-siècle de Darwinisme*, 3e série, t. XVII, 20 janvier 1910, p. 5 ; F. Donau, *Un vitaliste idéaliste : Hans Driesch*, 3e série, t. XVII, 20 avril 1910, p. 426 ; R. de Sinéty, *Le monisme psycho-biologique*, 3e série, t. XVIII, 20 juillet 1910, p. 123.

c'est à l'aide de ces rudiments qu'ils doivent s'expliquer à eux-mêmes les phénomènes essentiels de la vie.

Toutes les expériences que je viens de vous énumérer servent de prétexte pour étayer leur thèse fondamentale : « La vie est un phénomène physico-chimique résultant des interactions de l'organisme et du milieu. »

Pour la réfuter efficacement et empêcher que leurs sophismes continuent à égarer des ignorants, le meilleur moyen serait à mon avis d'enseigner à notre jeunesse les sciences biologiques ; ce serait de lui montrer que la vie est encore autre chose qu'une réaction chimique ou un phénomène physique. Il faudrait lui faire voir de près, avec nos moyens modernes de la regarder, l'organisation des êtres vivants, et pénétrer le mystère de leur reproduction dans un cours de Biologie.

H. Lebrun.

QUELQUES PROBLÈMES IMPORTANTS

DE LA

LUTTE ACTUELLE CONTRE LA TUBERCULOSE

Le 26 octobre 1911, la *Société scientifique* s'est réunie à Gand pour sa session d'automne. L'assemblée générale de l'après-midi s'est tenue à l'Hôtel du Gouvernement provincial, sous la présidence d'honneur de Mgr Stillemans, évêque de Gand, et de M. le baron de Kerckhove d'Exaerde, Gouverneur de la Province. M. le Dr Heymans, professeur à l'Université, a entretenu l'assemblée de la lutte actuelle contre la tuberculose. Des tableaux relatifs à la propagation et à la prophylaxie de la tuberculose bovine ; des cultures de bacilles de la tuberculose humaine, bovine et aviaire, à divers stades de leur développement, illustraient cette conférence.

Nous sommes heureux de pouvoir en donner ici un résumé que M. le Professeur Heymans a bien voulu écrire pour les lecteurs de la Revue.

Premier problème. *La tuberculose est une maladie microbienne, contagieuse et que l'on contracte après la naissance.*

Que la tuberculose soit due à un microbe, le bacille de Koch, c'est là un fait actuellement admis par tout le monde ; si quelques esprits extravagants font entendre une note discordante et trouvent encore çà et là quelque revue où placer leurs rêveries, ils ne sont pris au sérieux par personne.

Le bacille de Koch se retrouve, en effet, *in situ* dans toutes les lésions tuberculeuses typiques ; on peut l'en isoler, le cultiver et, à l'aide de la *culture pure*, ne renfermant dès lors que le bacille en question, reproduire chez les animaux la maladie « tuberculose »

identique dans ses débuts, dans ses manifestations, dans ses évolutions, à la maladie spontanée qu'elle s'appelle du terme général de « tuberculose », ou du terme particulier de « phtisie ».

La tuberculose est *contagieuse* : l'homme ou l'animal qui en est atteint, non seulement fait sa maladie bacillaire, mais peut éliminer des bacilles vivants et virulents — dans le pus des abcès ouverts, par exemple, et dans les expectorations — capables d'infecter ou de donner la maladie à des personnes saines jusque-là, ou à des animaux indemnes de tuberculose. De là le danger de l'infection familiale et, d'une manière générale, le danger d'infection tuberculeuse par le contact direct ou indirect d'un malade tuberculeux qui élimine des bacilles. Si dans une famille un membre devient malade de tuberculose et se met à éliminer des bacilles, à moins de prendre des précautions appropriées, ces bacilles seront suspendus dans l'air et se déposeront partout, sur les ustensiles destinés à contenir les aliments et les boissons auxquels ils pourront être mélangés au moment où on les absorbe. Dès lors rien d'étonnant si, avec l'air inspiré et les aliments ou les boissons ingérés, pénètre en même temps le bacille vivant et virulent et se propage l'infection.

De même, si le lait qui provient d'une vache laitière dont le pis contient des abcès tuberculeux ouverts n'a pas été stérilisé avant d'être bu par les enfants et même par des adultes, il va de soi que le bacille tuberculeux provenant des bovidés entrera vivant dans l'organisme. Or, les tuberculoses humaine et bovine, à formes ouvertes, sont fréquentes ; les occasions de s'infecter le sont donc également et suffisent à expliquer la fréquence de l'infection tuberculeuse acquise, par opposition à la tuberculose dite héréditaire.

A part des cas exceptionnels, où la mère, avant la naissance de son enfant, était atteinte de tuberculose généralisée et, en particulier, de tuberculose utérine ou placentaire, le nouveau-né ne renferme nulle part dans son organisme le bacille tuberculeux ; il n'a donc reçu, ni du père ni de la mère, le bacille de la tuberculose ; dès lors le germe du mal faisant défaut, la maladie ne se développera pas chez les descendants de parents tuberculeux en tant que tels ; en d'autres termes, la tuberculose *n'est pas une maladie héréditaire,* mais une maladie que l'on contracte après la naissance et qui date exactement de l'époque de la première infection bacillaire. En dépit de vues plus ou moins théoriques et de quelques faits expérimentaux publiés dans ces derniers temps, telle est bien l'exacte vérité ; la preuve en est que chez le nouveau-né l'examen le plus minutieux ne décèle aucune lésion tuberculeuse, aucun bacille ; d'autre part, il a été constaté, sur des milliers de veaux nés de mères tuberculeuses, qu'ils restent indemnes de la tuberculose leur vie durant, si on les tient isolés de toute contamination, ce qui démontre bien que, pendant la vie intra-utérine et pendant l'enfance, le virus tuberculeux ne se cache pas sous une forme inconnue jusqu'ici et qui apparaîtrait plus tard sous la forme connue, dans les modifications tuberculeuses typiques.

Toutefois, si pratiquement l'individu issu de parents tuberculeux naît toujours sans renfermer le germe de la maladie, il n'en est pas moins vrai que l'enfant porté et nourri avant sa naissance par une mère débilitée et intoxiquée par la tuberculose, peut venir au monde mal armé pour la lutte et, quoique non infecté, offrir une proie facile, non seulement à l'infection tuberculeuse, mais à toutes les infections microbiennes et à toutes les fautes contre l'hygiène. S'il échappe aux maladies de l'enfance, son développement et sa crois-

sance pourront laisser à désirer, parce que la matière première et celle qui s'en est formée sont de moindre qualité.

SECOND PROBLÈME. *Unicité ou multiplicité des bacilles.* La tuberculose n'est point partout déterminée par le même bacille, mais par diverses variétés de bacilles. Le bacille tuberculeux se différencie des autres bacilles par son mode de développement sur agar et bouillon, par son acido-résistance et par sa forme. Des bacilles présentant ces caractères propres ont été trouvés, non seulement dans les lésions tuberculeuses de l'homme, du bovin, des oiseaux, mais parfois aussi chez des animaux à sang froid, chez des poissons et même sur une graminée, la *timothée*.

Tous ces bacilles sont acido-résistants ; par leur forme et leurs cultures, ils diffèrent déjà quelque peu les uns des autres, mais ce qui les distingue surtout entre eux, c'est leur virulence : le bacille retiré de la tuberculose spontanée chez les oiseaux est, à dose égale, virulent et infectieux surtout pour les oiseaux ; celui qu'on a isolé de la bête bovine provoque, en petite quantité, une tuberculose progressive et mortelle chez les bovidés ; enfin le bacille qu'on retrouve dans les lésions pulmonaires de la phtisie est, sans doute, le plus virulent des bacilles pour l'homme.

Après la découverte du bacille de la tuberculose par Koch, en 1884, on admit tacitement sinon ouvertement que le bacille était un, avec des variantes résultant de l'adaptation au milieu. Il en fut ainsi jusqu'en 1901, alors que Koch, au Congrès international de la tuberculose à Londres, proclama, devant l'aréopage des savants qui avaient le plus étudié la tuberculose, que même le bacille bovin différait du bacille humain et était inopérant comme cause de la tuberculose humaine.

Pour des raisons très diverses, cette proclamation souleva une émotion très vive dans les milieux les plus divers, et la plupart des expérimentateurs, au cours des douze années écoulées depuis, se sont attachés à élucider cette question : la différence entre le bacille humain et le bacille bovin existe-t-elle réellement ?

A la dernière discussion solennelle et internationale qui eut lieu à Washington, également devant le Congrès international de la tuberculose, Koch maintint sa manière de voir au moins en ce qui concerne la phtisie pulmonaire. Il fut seul de cet avis, ce qui fit dire à un journaliste de là-bas : « Koch a isolé le bacille et le bacille a isolé Koch. » Maintenant que l'éminent savant a disparu, je présume que l'opposition va se calmer, et qu'une opinion moyenne, embrassant tous les faits établis, va prévaloir.

Le bacille humain, avec sa forme et sa culture habituelles, sera considéré comme la cause presque unique, sinon absolument une de la phtisie pulmonaire. C'est à ce même bacille qu'il faut attribuer également la plupart des autres manifestations tuberculeuses de l'homme, telles que ostéite, arthrite, péritonite ou méningite tuberculeuse, etc. Mais — et ceci est capital — le bacille bovin, non seulement avec tous ses caractères morphologiques et chimiques, mais encore avec sa virulence toute spéciale pour le lapin et le bovin lui-même, a été isolé incontestablement de certaines tuberculoses, mortelles ou non, de l'homme, spécialement de l'enfant, de sorte que le bacille bovin, encore très virulent pour le singe, est également et incontestablement virulent pour l'homme : il peut l'infecter et l'infecte effectivement dans certains cas.

On peut discuter et on discutera très longtemps encore sur le pourcentage des cas déterminés par le bacille humain et de ceux provoqués par le bacille bovin. On peut dire toutefois, en se ralliant aux conclusions de la

Commission anglaise, que les formes extra-pulmonaires chez les enfants sont dues, dans 10 à 20 % des cas, au bacille bovin. Par contre, le bacille humain est presque complètement dépourvu de virulence pour le bovin, et il a fallu des artifices particuliers à mon ami Eber de Leipzig pour provoquer, chez la bête bovine, des lésions tuberculeuses manifestes à l'aide du bacille humain.

Donc, le bacille humain et le bacille bovin constituent bien deux *types* différents — en employant l'expression de type, on évite de venir en conflit avec les classificateurs quand même, qui sont à cheval, en botanique ou en zoologie, sur la définition d'espèces et de variétés.

Troisième problème. *Variabilité du bacille.*

Ce qui me paraît également certain, malgré tout ce qui a pu être dit, même par certaines bouches très autorisées, c'est que jusqu'ici on n'est pas parvenu à transformer le type humain en type bovin, ni inversement, et encore moins à conférer aux bacilles tuberculeux des oiseaux, des poissons ou des graminées, les caractères et la virulence des bacilles humains ou bovins.

Cette question a une importance non seulement théorique mais pratique. S'il est vrai, en effet, que le bacille isolé de la phtisie pulmonaire a toutes les propriétés du bacille humain typique, on peut et on doit se demander si le bacille bovin qui infecte l'enfant âgé de quelques mois seulement et chez qui, à l'âge de 20, 30 ou 40 ans ou même plus tard, se déclare la phtisie pulmonaire, si ce bacille, primitivement bovin, en s'adaptant au milieu humain, n'a pas acquis, après de multiples générations pendant ces nombreuses années, le type de bacille humain. On peut le supposer, mais à un savant français qui a l'hypothèse facile et qui en usait au sujet de cette transformation, lors de la dis-

cussion de Washington, Koch ripostait — ce qui résume toute la question — *das ist einfach aus der Luft gegriffen*. Si l'on prétend ne pas sortir du domaine des sciences positives, on doit dire que cette transformation n'existe pas, aussi longtemps qu'elle n'est pas dûment prouvée.

Quatrième problème. *Voies d'infection.*

Renchérissant encore sur Behring, le même savant français avait conclu, il y a quelques années, que toutes les infections tuberculeuses, ainsi que les autres, se faisaient par pénétration du bacille tuberculeux à travers la muqueuse intestinale. Il était établi, sans doute, et on admettait antérieurement, que les bacilles tuberculeux contenus dans les aliments et les boissons ne sont tués ni dans l'estomac, ni dans l'intestin, et que, dans ce dernier, suivant en quelque sorte la voie qui leur est ouverte par les gouttelettes de graisse absorbées, ils passent à travers la paroi intestinale, souvent sans laisser aucune trace de leur passage, et vont directement infecter les ganglions mésentériques, voire même les poumons. Mais de là à conclure que l'infection par l'air inhalé dans lequel se trouvent des bacilles isolés en suspension ou de fines gouttelettes bacillifères ne se produit pas, et est même impossible, il y a très loin. Toutes les expériences prouvent, au contraire, que l'infection par inhalation s'opère très facilement et avec des doses de bacilles bien inférieures à celles qui sont nécessaires pour provoquer, par ingestion, une infection tuberculeuse sérieuse. D'où découle cette double conclusion pratique très importante : pour prévenir l'infection et la réinfection tuberculeuse. il faut que l'air respiré, ainsi que les aliments et les boissons ingérés, ne renferment pas de bacilles. Ce précepte résume toute la prophylaxie de la tuberculose.

Cinquième problème. *Évolution et fréquence de la tuberculose.*

Ce qui frappe dans l'infection tuberculeuse spontanée, et ce qui la différencie de presque toutes les autres infections microbiennes, c'est qu'elle n'est d'emblée réellement progressive que dans des cas exceptionnels, à savoir après infections massives et répétées à court intervalle. Dans tous les autres cas, elle débute par quelques tubercules isolés et reste circonscrite, souvent même elle rétrograde et devient complètement latente. Mais un beau jour, lorsque les bacilles enfermés dans un tubercule viennent à s'en échapper, de nouveaux foyers se produisent et cela dans des organes différents et, parfois, très éloignés (articulations, os, séreuses, etc.) ; toutefois la localisation la plus fréquente se produit dans les poumons, et principalement dans les sommets, d'où elle s'étend de proche en proche, provoquant la fonte pulmonaire avec toutes ses conséquences et se termine d'ordinaire par la mort. Encore, si 10 à 20 °/₀ des décès sont dus à la tuberculose, dont 80 °/₀ relèvent de la phtisie pulmonaire ; si le phtisique est malade pendant 3, 5, voire 10 et 20 ans avant de mourir, le nombre des personnes qui ont été et sont encore touchées par le bacille tuberculeux est autrement considérable.

Le nouveau-né ne réagit pas à la tuberculine ; il n'est donc pas tuberculeux, comme nous le disions plus haut ; mais dans le courant de la première année et de plus en plus au cours des années suivantes, le nombre d'enfants qui réagissent par une poussée fébrile après injection sous-cutanée de la tuberculine, ou qui présentent la cutiréaction à la tuberculine, augmente au point qu'à l'âge de 15 à 20 ans presque tout le monde a réagi et souvent réagit encore à la tuberculine, c'est-à-dire a été hypersensibilisé à la tuberculine par une certaine infection bacillaire.

Mais si tout le monde est frappé, et si au maximum 20 % succombent, c'est donc que l'infection tuberculeuse, loin d'être toujours mortelle, souvent même ne rend pas malade. Et voici qu'en face de cette généralisation de l'infection tuberculeuse, se pose la question de ses origines : d'où vient cette infection générale ?

Les tuberculeux humains qui éliminent des bacilles ne sont pas tellement nombreux et ubiquitaires qu'ils puissent semer leurs bacilles en quelque sorte partout. Je suis porté à croire, mais ceci n'est qu'une présomption ou hypothèse de ma part, que le bacille bovin se trouvant dans le lait, le beurre et le fromage, pourrait intervenir ici, non pour déterminer la maladie de la tuberculose, mais pour provoquer cette infection tuberculeuse bénigne, se manifestant seulement par la réaction à la tuberculine et par des lésions tuberculeuses cicatrisées et guéries qu'une autopsie minutieuse parvient à déceler chez la plupart des enfants morts dans les hôpitaux des grandes villes.

Sixième problème. *Prophylaxie de la tuberculose.* Si l'infection tuberculeuse est souvent bénigne et latente, elle n'en reste pas moins la plus meurtrière des maladies, puisqu'annuellement elle tue 15 000 personnes en Belgique et plus de deux millions dans le monde entier. La lutte contre cette « peste blanche », comme l'ont appelée les Américains, s'impose donc impérieusement ; nous aurons peut-être un jour l'occasion de traiter ici en détail la question si importante du traitement préventif et curatif de la tuberculose ; disons seulement aujourd'hui que la prophylaxie proprement dite se réduit à tuer les bacilles humains au moment où ils sont éliminés par le tuberculeux, et à supprimer les bêtes bovines tuberculeuses, afin d'assurer la consommation d'un lait sans bacilles.

Mais ces préceptes si faciles à énoncer sont d'une

extrême difficulté d'exécution, surtout en ce qui concerne le bétail.

Aucun pays n'est encore parvenu à organiser logiquement et efficacement la lutte contre la tuberculose bovine ; en dépit de toutes les mesures prises, le mal augmente partout, moins en Belgique qu'ailleurs il est vrai, grâce à l'intervention énergique de nos Ministres de l'agriculture. Par contre, quant à la tuberculose humaine, grâce aux efforts réalisés depuis 20 ans, grâce aussi à la collaboration active et intelligente du malade lui-même, la mortalité diminue dans les divers pays ; ainsi en Allemagne elle est tombée de 2,7 ‰ en 1890 à 1,5 ‰ en 1911. En Belgique, nous avons certains groupes de médecins et de philanthropes qui ont pris à cœur cette campagne d'assainissement ; mais que de lacunes il reste à combler ! Aussi, en terminant cet exposé sommaire, qui nous a permis d'entrevoir quelle œuvre humanitaire immense s'offre ici à toutes les activités et à tous les dévouements, qu'il me soit permis de répéter aux lecteurs de la Revue l'appel que j'adressais à mes auditeurs.

Je vous disais tantôt qu'actuellement encore il meurt annuellement en Belgique 15 000 tuberculeux, soit 2 ‰ ; en France le nombre des victimes atteint 150 000 ; en Allemagne 160 000 ; dans l'Europe entière 1 000 000 et 2 000 000 dans le monde civilisé, car ce fléau hélas ! sévit sous toutes les latitudes. Or 80, voire même 90 % de ces malheureux, ont été tués par le microbe meurtrier qui leur a été inoculé, involontairement cela va de soi, mais, cela ne reste pas moins triplement horrible à dire, le plus souvent par une mère, par un père, par un frère, une sœur ou un ami intime !

Quand un assassinat mystérieux se commet, les journaux s'en occupent pendant des mois ; tous les rouages judiciaires et policiers s'ébranlent. On frémit, avec raison, en songeant aux centaines de cadavres déchi-

quetés par la force expansive des poudres entassées dans les soutes d'un cuirassé.

Mais que faisons-nous, qu'éprouvons-nous à la pensée de ces millions d'êtres humains rongés jusqu'à en mourir par le bacille tuberculeux? Et pourtant, chacun de nous dans la mesure du possible ne doit-il pas empêcher l'homicide ? Le cinquième commandement du décalogue ne nous crie-t-il pas : « tu ne tueras point », même par omission ?

A l'œuvre donc au nom de l'humanité et de la charité chrétienne ! J'en appelle à nos admirables religieux et religieuses qui ont voué leur vie au soulagement de toute misère humaine. La voici, la misère humaine dans ce qu'elle a de plus navrant ! J'en appelle aux membres des conférences de St-Vincent de Paul et de tant d'associations bienfaisantes. Donnons aux pauvres poitrinaires de salutaires conseils ; réservons-leur la meilleure part de notre dévouement, et en aidant à les soigner médicalement sachons aussi les consoler chrétiennement.

Dr Heymans.

LA
PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES (1)

(Suite et fin)

VII

DE LA THÉORIE PAR LAQUELLE PTOLÉMÉE EXPLIQUE LES MOUVEMENTS DE L'ÉPICYCLE PAR RAPPORT A L'EXCENTRIQUE.

Les astronomes arabes, comme les astronomes hellènes, éprouvaient une répugnance bien légitime à attribuer au ciel des étoiles fixes le mouvement imaginé par les *anciens astrologues ;* ce mouvement uniforme d'accès, suivi d'un mouvement de recès également uniforme, heurtait le sentiment de la continuité qui avait inspiré toutes les autres hypothèses astronomiques.

Cette répugnance devait naturellement prendre fin lorsqu'un géomètre donnerait à ce mouvement oscillatoire une forme d'où tout changement brusque de vitesse se trouverait exclu ; de ce jour daterait la

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, p. 55 ; 20 avril 1912, p. 465.

faveur qui devait s'attacher, pendant plusieurs siècles, au mouvement de trépidation.

Cette réforme en la théorie de l'accès et du recès va être, si nous en croyons une tradition que nous discuterons plus loin, l'œuvre de Thâbit ben Kourrah. Mais, pour accomplir cette œuvre, Thâbit n'aura pas à faire grand effort d'imagination; il lui suffira de transporter, de toutes pièces, aux oscillations de l'écliptique, une supposition que Ptolémée avait inventée pour rendre compte du balancement des épicycles des planètes. En cette circonstance, comme en tant d'autres, la Science islamique ne fera que copier la Science hellène.

La théorie qui va nous occuper est exposée au XIIIe et dernier livre de la *Syntaxe mathématique* de Ptolémée; elle occupe les deux premiers chapitres de ce livre; pour les deux planètes inférieures, Vénus et Mercure, elle revêt une forme un peu plus compliquée que pour les trois planètes supérieures; exposons donc, tout d'abord, les hypothèses qui concernent Mars, Jupiter et Saturne.

De même que le plan de l'excentrique de l'une quelconque des trois planètes supérieures est incliné d'un petit nombre de degrés sur le plan de l'écliptique, de même le plan de l'épicycle s'incline, sur le plan de l'excentrique, d'un nombre de degrés encore plus petit.

L'inclinaison de l'épicycle sur l'excentrique n'est pas fixe, mais constamment variable (1); la variation de cette inclinaison est périodique et sa période est égale à la durée de révolution du centre de l'épicycle sur l'excentrique.

Au moment où le centre de l'épicycle passe au nœud

(1) *Syntaxe mathématique* de Claude Ptolémée, l. XIII, c. II; trad. Halma, t. II, pp. 371-375. Paul Tannery (*Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne*, c. XIV, § 5, pp. 247-248) résume cette théorie sous la forme que Ptolémée lui a ultérieurement donnée dans ses *Hypothèses*, et non sous la forme dont il l'avait revêtue dans l'*Almageste*.

ascendant, le plan de l'épicycle se trouve confondu avec le plan de l'excentrique; il s'incline ensuite sur ce dernier plan, et cette inclinaison croît jusqu'à une certaine limite supérieure qu'elle atteint au moment où le centre de l'épicycle est apogée; l'inclinaison diminue alors, pour devenir nulle au moment où le centre de l'épicycle franchit le nœud descendant; elle croît de nouveau, mais en sens contraire, jusqu'à une valeur absolue maximum, égale à celle qu'elle avait déjà atteinte; elle parvient à ce maximum de sens contraire au moment où le centre de l'épicycle est périgée; à partir de ce moment, le plan de l'épicycle se rapproche du plan de l'excentrique.

Ce mouvement d'oscillation choquerait les idées astronomiques et mécaniques de Ptolémée, s'il ne le faisait dépendre de quelque mouvement circulaire; et voici comment il y parvient.

Prenons l'épicycle alors que son centre C (fig. 1)

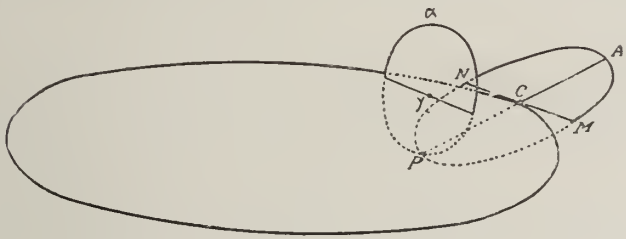


Fig. 1.

se trouve en l'apogée de l'excentrique; c'est à ce moment que l'inclinaison du plan de l'épicycle sur le plan de l'excentrique a sa plus grande valeur; l'intersection de ces deux plans trace, en l'épicycle, un diamètre MN qui est tangent à l'excentrique; la ligne de plus grande pente trace alors, dans l'épicycle, un diamètre AP que l'on marquera, afin de le reconnaître en toutes les positions que l'épicycle viendra occuper, et

auquel Ptolémée donne le nom de *diamètre apogée;* l'*extrémité apogée* A de ce diamètre est celle qui se trouve, en la position que nous avons figurée, le plus loin du centre de l'excentrique; l'autre extrémité P est l'*extrémité périgée.*

Ptolémée imagine que l'extrémité périgée soit fixée à la circonférence d'un petit cercle α dont le centre γ se trouve dans le plan de l'excentrique, et dont le plan est normal à ce même plan de l'excentrique; il est clair par raison de symétrie que, dans la position que nous avons figurée, l'intersection du plan du cercle α avec le plan de l'excentrique doit être parallèle à la ligne MN.

Ce petit cercle accompagne le centre de l'épicycle dans son mouvement sur l'excentrique; en d'autres termes, son centre γ décrit un cercle de même centre que l'excentrique, de telle sorte que les deux points C et γ se trouvent constamment sur un même rayon issu de ce centre; l'intersection du plan du cercle α avec le plan de l'excentrique est toujours normale à ce même rayon.

En même temps, l'extrémité périgée P de l'épicycle décrit ce cercle α; le diamètre MN demeure constamment dans le plan de l'excentrique; il est donc parallèle au plan de l'écliptique lorsque le centre de l'épicycle est apogée ou périgée, ou lorsque ce centre passe par un nœud; entre ces quatre positions, il présente, sur l'écliptique, des inclinaisons variables, mais toujours fort petites.

Le mouvement de l'extrémité périgée P sur le petit cercle α n'est pas un mouvement uniforme; il varie suivant la même loi que le mouvement du centre C de l'épicycle sur l'excentrique, loi qui dépend de la position du centre de l'équant.

Telle est la combinaison cinématique par laquelle Ptolémée rend compte des oscillations que le plan de

l'épicycle éprouve de part et d'autre du plan de l'excentrique, du moins pour les trois planètes supérieures.

Vénus et Mercure l'obligent à recourir à des hypothèses plus compliquées. Pour chacune de ces deux planètes, le grand astronome d'Alexandrie décompose en deux autres mouvements l'oscillation que le plan de l'épicycle éprouve de part et d'autre du plan de l'excentrique.

Le premier mouvement est, comme celui que nous venons de décrire, commandé par une circulation de l'extrémité périgée sur un petit cercle normal au plan de l'excentrique. Il ne diffère du mouvement propre aux trois planètes supérieures qu'en un seul point : L'inclinaison de l'épicycle sur l'excentrique est nulle au moment où le centre de l'excentrique est apogée ou périgée.

Le second mouvement dépend d'une circulation toute semblable du point M sur un petit cercle ; mais le plan de ce nouveau petit cercle est normal à la fois au plan de l'excentrique et au plan du petit cercle précédent. Durant cette circulation, le diamètre apogée de l'épicycle balaye constamment le plan de l'excentrique. Enfin l'inclinaison est nulle au moment où le centre de l'épicycle passe par un nœud.

Ptolémée redoutait, sans doute, que la complication de ces hypothèses ne rebutât les philosophes de la Nature ; d'avance, il s'efforçait de lutter contre leur aversion : « Qu'on n'objecte pas à ces hypothèses, disait-il, qu'elles sont trop difficiles à saisir, à cause de la complication des moyens que nous employons... Il faut, autant que l'on peut, adapter les hypothèses les plus simples aux mouvements célestes ; mais si elles ne suffisent pas, il faut en choisir d'autres qui les expliquent mieux. Car si, après avoir établi des suppositions, on en déduit aisément tous les phénomènes comme autant de conséquences, quelle raison aura-t-on de s'étonner

d'une si grande complication dans les mouvements des corps célestes ?... A la vérité, les complications et les relations de ces mouvements divers nous paraissent difficiles à saisir et, dans les représentations figurées que nous en faisons, difficiles à appliquer aux mouvements célestes ; mais ces difficultés disparaissent quand on considère ces mouvements dans le ciel même, où ils ne se présentent pas ainsi, embarrassés les uns dans les autres. »

En dépit de ces réflexions, la théorie que nous venons de rapporter parut certainement trop compliquée à Ptolémée lui-même, car il en imagina une autre beaucoup plus simple.

Selon cette nouvelle hypothèse (1), chacune des planètes possède une *sphère épicycle*.

Cette sphère, dont le centre se trouve sur l'excentrique, est coupée par le plan de l'excentrique suivant un petit cercle, que Ptolémée nomme *roulette* (κύκλισκος). Tandis que le centre de la sphère épicycle décrit l'excentrique, la roulette tourne sur elle-même en sens contraire, suivant la même loi, et entraîne avec elle la sphère épicycle. Pour parler un langage plus moderne, tandis que le centre de la sphère épicycle tourne, d'occident en orient, d'un certain angle autour du centre de l'excentrique, la sphère épicycle tourne, d'orient en occident, du même angle autour d'un axe mené par son centre normalement au plan de l'excentrique.

Le *cercle épicycle* est un grand cercle de la sphère épicycle, qui coupe la roulette sous un certain angle et lui demeure invariablement lié. Par l'effet des deux rotations égales et de sens contraires qui viennent d'être mentionnées, le plan du cercle épicycle garde,

(1) *Hypothèses et époques des planètes*, de C. Ptolémée, et *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, traduites pour la première fois en français..., par M. l'abbé Halma. Paris, 1820. *Hypothèses des planètes ou mouvements des corps célestes*, par C. Ptolémée, passim.

dans l'espace, une direction invariable. Sur ce cercle, toujours parallèle à lui-même, la planète se meut suivant une loi facile à déterminer.

Les *Hypothèses* de Ptolémée furent, sans doute, beaucoup moins lues que l'*Almageste*. En dépit donc de sa plus grande simplicité, la nouvelle théorie du mouvement du cercle épicycle ne supplanta pas celle qui l'avait précédée. Celle-ci continua à être étudiée par les astronomes. Mais elle ne prit une place importante dans l'ensemble des hypothèses astronomiques que lorsqu'elle eut été détournée de son objet primitif et appliquée à un autre objet. L'inclinaison du plan de l'épicycle sur le plan de l'excentrique est, pour toutes les planètes, une quantité fort petite ; Ptolémée a construit l'Astronomie de l'*Almageste* presque entière en faisant abstraction de cette inclinaison ; on ne pouvait donc accorder une attention prolongée au mécanisme compliqué qui servait à rendre compte des variations de cette inclinaison. Ce mécanisme, au contraire, piqua la curiosité de tous les astronomes dès que le *Liber de motu octavæ sphæræ*, attribué à Thâbit ben Kourrah, l'eut emprunté à Ptolémée pour représenter le mouvement d'accès et de recès de la sphère étoilée. Pendant de longs siècles, la combinaison que ce petit écrit avait tirée, toute formée, de l'*Almageste*, fut célébrée à l'égal des inventions les plus ingénieuses et les plus originales.

VIII

LA THÉORIE DU MOUVEMENT DE LA HUITIÈME SPHÈRE ATTRIBUÉE A THÂBIT BEN KOURRAH

Thâbit ben Kourrah ben Marwân ben Karayana ben Ibrahim ben Mariscos ben Salamanos (Abou al

Hasan) al Harrani naquit en 836, à Harran, en Mésopotamie (1). Il fut d'abord changeur, puis se consacra à la Science. Il acquit, à Bagdad, une grande réputation de mathématicien et d'astronome, en même temps qu'il s'adonnait à l'étude de la langue grecque dont il parvint à faire usage aussi aisément que de l'Arabe et du Syriaque. Cette parfaite entente du Grec lui permit de traduire et de commenter les œuvres des princes de la Science hellène, d'Hippocrate, d'Aristote, d'Apollonius, d'Euclide, d'Archimède, de Ptolémée, d'Autolycus et de Théodose. Il produisit également un grand nombre d'œuvres originales en Arithmétique, en Géométrie, en Astronomie, en Astrologie et en Médecine. On évalue à cent-cinquante le nombre des traités qu'il a composés en langue arabe et à seize celui des livres qu'il a écrits en Syriaque.

Après un séjour de longue durée à Bagdad, il revint à Harran, sa ville natale. Là, des épreuves l'attendaient; il appartenait, en effet, à la secte des Sabians; comme il prétendait s'affranchir de certaines pratiques et de certaines doctrines, il fut excommunié par ses coreligionnaires. Il revint alors à Bagdad qu'il ne quitta plus. Le kalife Almou'tadid (892-902) l'avait en grande considération et l'honorait de son commerce le plus intime. Thâbit ben Kourrah mourut à Bagdad le 18 février 901.

Parmi les écrits astronomiques qu'a composés le très docte Sabian, se trouvent quatre petits traités qui furent de bonne heure traduits en latin ; de très nombreuses copies manuscrites les répandirent en la Chrétienté occidentale, où leur influence fut grande sur le développement de la Science des astres.

(1) Ferdinand Wüstenfeld, *Geschichte der Arabischen Aertzte und Naturforscher*, Göttingen, 1840; pp. 34-36.

Ces quatre traités, qui sont souvent réunis en un même manuscrit (1), ont, en latin, les titres suivants :

Liber Thebit de motu octavæ sphæræ ;

Liber Thebit de iis quæ indigent expositione antequam legatur Almagestum ;

Liber Thebit de imaginatione sphæræ et circulorum ejus diversorum ;

Liber Thebit de quantitatibus stellarum et planetarum.

C'est au premier de ces traités que se trouve exposée la théorie de l'accès et du recès, sous la forme qui va nous occuper.

En sa *Table Hakemite*, si féconde en renseignements pour l'histoire de l'Astronomie, Ibn Iounis nous a conservé (2) une épître que Thâbit adressait à Abou Iacoub Ishac ben Honeïn, en même temps qu'il lui faisait hommage d'un de ses traités astronomiques. Voici cette lettre :

« *Extrait du livre de Thâbit ben Kourrah a Ishac ben Honeïn :*

« La différence qui se trouve entre la Table de Ptolémée et la Table vérifiée est commune à tous les corps célestes. Cette uniformité n'a rien d'étonnant, et doit même nécessairement avoir lieu par la raison que ce qui arrive par rapport au Soleil entraîne nécessairement quelque chose de semblable par rapport à tous les corps célestes. En effet, le lieu de la Lune n'est déterminé que d'après les déterminations du lieu du Soleil. C'est sur les éclipses de Lune qu'est fondée principalement la théorie de la Lune, cette planète étant alors opposée au Soleil. Les autres lieux de la Lune ont également pour base les lieux du Soleil. Il en est

(1) C'est le cas, par exemple, des mss. n° 7333 et n° 7298 du fonds latin de la Bibliothèque nationale.

(2) Ibn Iounis, *Le livre de la table Hakemite* (NOTICES ET EXTRAITS... t. VII, pp. 114-118).

de même des étoiles fixes et des planètes que l'on détermine par le Soleil et la Lune. Ainsi il est vrai de dire que ce qui arrive par rapport au Soleil arrive aussi par rapport aux étoiles fixes, leur connaissance dépendant de celle du Soleil.

» La cause de cette erreur est obscure. Quelques auteurs, cités par Théon et autres, et qualifiés par Théon d'auteurs d'Astrologie judiciaire, ont pensé que le zodiaque avait un mouvement par lequel il s'avançait de 8°, et ensuite rétrogradait de la même quantité, et que ce mouvement était d'un degré en quatre-vingts ans. Ils ont fait sur cela un calcul d'où l'on conclut quelquefois quatre degrés en plus ou en moins; et il faudrait, si la chose était comme ils la supposent, que les étoiles fixes parussent tantôt immobiles, et tantôt rétrogrades.

» Nous ne sommes pas en état maintenant de décider une pareille question; elle le serait parfaitement si nous avions une observation de Soleil faite dans l'intervalle de Ptolémée à nous, et assez éloignée de notre temps; si vous en trouvez une dans les auteurs grecs, qui soit indubitablement postérieure à Ptolémée, je vous prie de me la faire connaître, afin que je puisse porter sur cela un jugement certain. J'ajouterai que si ce point eût été décidé, j'en aurais traité ici; mais il est encore obscur et ressemble beaucoup à une simple conjecture; or ce livre ne peut admettre, et je ne veux moi-même adopter rien qui ne soit assuré et hors de doute. Ce que j'ai dit au sujet des quantités que j'ajoute au calcul de Ptolémée, je ne l'ai communiqué à qui que ce soit, quoique plusieurs personnes me l'aient demandé, parce que ces quantités ne sont pas appuyées sur des bases solides, mais ont pour objet de représenter l'état actuel des choses jusqu'à ce qu'un nouveau lui succède. J'ai marqué cela sur quelques feuilles que j'ai jointes à ce livre, et je désire que vous m'en accusiez réception ».

Ces quelques feuilles sont-elles l'opuscule sur le mouvement de la huitième sphère qui est venu jusqu'à nous sous le nom de Thâbit ben Kourrah? Thâbit, prenant en sa théorie plus de confiance qu'il n'en marquait à son correspondant, l'a-t-il livrée lui-même à la publicité? Ishac ben Honeïn, qui survécut à Thâbit (1), l'a-t-il fait connaître après la mort de l'auteur? Autant de questions auxquelles aucun document ne nous fournit de réponse (2).

Sans chercher à résoudre des problèmes insolubles, parcourons rapidement le *De motu octavæ sphæræ*. Cet écrit n'a jamais été imprimé (3) ; mais les exemplaires manuscrits en sont extrêmement répandus.

Thâbit considère tout d'abord une sphère sans astre, le *firmament*, qu'anime le seul mouvement diurne ; il mène, par le centre C de cette sphère (fig. 2) un premier plan qui la coupe selon l'équateur EE', et un second plan, invariablement lié à cette sphère ; ce dernier plan trace, sur la sphère, l'*écliptique fixe* $\epsilon\epsilon'$;

(1) Ishac ibn Honeïn est mort en novembre 910 ou 911 (Cf. Wüstenfeld, *Op. cit.*, p. 29).

(2) Delambre *(Histoire de l'Astronomie du Moyen-âge*, p. 82), après avoir rappelé que, selon le *De motu octavæ sphæræ*, la tête du Bélier et la tête de la Balance décrivent autour de deux centres fixes deux petits cercles dont le rayon vaut 4° 18′ 43″, ajoute : « Ce qui prouve que cette déterminaison [donnée par Thâbit dans son opuscule] est postérieure à sa lettre, c'est qu'il ne parlait d'abord que de 4° en gros, et que dans son traité, il dit 4° 18′ 43″, ce qui annonce un travail plus soigné. » Mais dans la lettre adressée à Ishac ben Honeïn, le nombre 4° n'a nullement trait au rayon commun des petits cercles que les têtes du Bélier et de la Balance décrivent selon la théorie de Thâbit; il a trait aux écarts entre les diverses déterminations de l'accès et du recès proposées avant Thâbit.

(3) Vers 1480, selon Houzeau et Lancaster, il en aurait été donné une édition qui ne porte ni nom d'auteur ni indication typographique d'aucune sorte. (Houzeau et Lancaster, *Bibliographie générale de l'Astronomie*, t. I, p. 466). Mais M. Nallino a reconnu que l'opuscule mentionné par les deux auteurs belges n'avait rien de commun avec le *De motu octavæ sphæræ* attribué à Thâbit ben Kourrah ; cet opuscule fait suite, en l'édition donnée à Bologne en 1480, à la *Theorica planetarum* de Gérard de Crémone ; M. Nallino est porté à l'attribuer au même auteur (Al Battani *Opus astronomicum*, éd. Nallino, t. I, p. XXXVI).

l'écliptique fixe coupe l'équateur en deux points α, β que l'on pourra nommer les *points équinoxiaux fixes* ou encore la *tête du Bélier fixe* et la *tête de la Balance fixe*. L'angle que le plan de l'écliptique fixe fait avec le plan de l'équateur a pour valeur 23°30'.

Au-dessous de cette sphère, de ce *firmament*, qu'anime le seul mouvement diurne, se trouve une seconde sphère, la *sphère des signes*, à laquelle sont

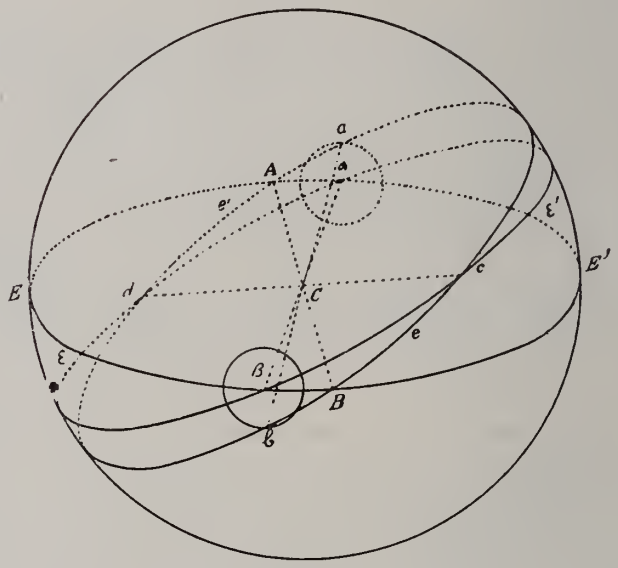


Fig. 2.

liées les étoiles fixes ; cette sphère est entraînée par le mouvement de la première ; mais, en outre, elle se meut, par rapport à la première, d'un mouvement qu'il s'agit d'étudier.

Ce mouvement est déterminé par celui d'un plan mené par le centre C de la sphère des signes et invariablement lié à cette sphère.

Ce plan coupe la sphère suprême suivant un grand cercle variable *ee'* qui est l'*écliptique mobile*.

Sur ce cercle, sont marqués quatre points *a*, *c*, *b*, *d*, qui sont les extrémités de deux diamètres rectangulaires ; ces points sont invariablement liés aux constellations des étoiles fixes ; les deux points *a* et *b*, diamétralement opposés, sont la *tête du Bélier mobile* et la *tête de la Balance mobile ;* les deux points *c* et *d* sont la *tête de l'Écrevisse mobile* et la *tête du Capricorne mobile.*

La tête *a* du Bélier mobile décrit, dans le firmament, d'un mouvement uniforme, un cercle qui a pour centre le point équinoxial fixe α et dont le diamètre est de 8°37′26″ ; la tête *b* de la Balance mobile décrit un cercle égal qui a pour centre le point β.

« Quant à la tête du Capricorne et à la tête de l'Écrevisse (1), elles demeurent toujours sur l'écliptique fixe ; sans la quitter, elles ont, sur ce cercle, un mouvement de va-et-vient » dont Thâbit analyse sommairement les principales particularités.

Dès maintenant, nous pouvons reconnaître que le mouvement de l'écliptique fixe par rapport à l'écliptique mobile est défini par Thâbit exactement comme l'est, selon Ptolémée, le mouvement du plan de l'épicycle de chacune des planètes supérieures par rapport au plan de l'excentrique de la même planète ; ou plutôt, le mouvement considéré par l'Astronome sabian est un cas particulièrement simple du mouvement proposé par l'*Almageste ;* la tête du Bélier et la tête de la Balance tournent d'un mouvement uniforme sur leurs trajectoires circulaires ; l'extrémité périgée et l'extrémité apogée du diamètre de l'épicycle se mouvaient, sur leurs petits cercles, suivant une loi plus compliquée, semblable à celle qui régit le mouvement du centre de l'épicycle sur l'excentrique ; le mouvement uniforme,

(1) Thâbit ben Kourrah, *Op. laud.*, cap. II : *Sequitur designatio motus octavæ sphæræ in figura.*

plus simple que le mouvement en question, en est un cas particulier.

Ici donc, comme en mainte autre circonstance, la science arabe se montre dénuée d'originalité ; la pensée hellène lui fournit le principe de la théorie dont elle développe les conséquences.

Ces conséquences, l'auteur du *De motu octavæ sphæræ* les marque nettement et complètement.

L'équinoxe a lieu lorsque la position du Soleil sur la sphère coïncide avec l'un des points A, B où l'écliptique mobile coupe le cercle équatorial. Ces deux points A, B sont les *points équinoxiaux mobiles*.

Lorsqu'en ses oscillations, l'écliptique mobile vient coïncider avec l'écliptique fixe, les points équinoxiaux mobiles coïncident avec les points équinoxiaux fixes ; les points équinoxiaux mobiles coïncident avec les têtes du Bélier et de la Balance lorsque celles-ci passent aux intersections de leurs trajectoires circulaires avec l'équateur ; mais, en général, le point vernal mobile A ne coïncide pas avec la tête *a* du Bélier mobile ; il oscille, sur l'écliptique mobile, de part et d'autre de ce point *a* ; il accomplit une oscillation double précisément dans le temps que la tête *a* du Bélier mobile accomplit sa révolution autour du point vernal fixe α (1).

Le point automnal mobile B oscille de même, sur l'écliptique mobile, de part et d'autre de la tête de la Balance fixe.

« La plus grande élongation qui puisse exister entre l'une des intersections de l'écliptique mobile avec l'équateur, et la tête soit du Bélier, soit de la Balance, est de 10°45′ vers le Nord, et autant vers le Sud. »

On retrouve ainsi le mouvement d'accès et de recès des points équinoxiaux que les *anciens astrologues* avaient proposé.

(1) Thâbit ben Kourrah, *Op. laud.*, cap. I.

Mais les *anciens astrologues* croyaient que chacun des deux mouvements opposés d'accès et de recès se produisait avec une vitesse uniforme ; c'était une hypothèse inadmissible qui ne se retrouve nullement dans le système de Thâbit ben Kourrah.

« Il arrive, en effet, que le mouvement en question est tantôt lent et tantôt rapide. Lorque la tête du Bélier se trouve, [sur le petit cercle], à 90° de l'intersection avec l'équateur, soit au nord, soit au midi, la phase de variation lente est atteinte ; lorsqu'au contraire la tête du Bélier est proche d'une intersection du petit cercle avec l'équateur, on atteint la phase de mouvement rapide.

» Cela est conforme à ce qui a été constaté par les observateurs.

» C'est pour cette raison que Ptolémée a trouvé que les étoiles fixes tournaient d'un degré en 100 ans... Il a estimé que les étoiles se mouvaient d'un mouvement continu selon l'ordre des signes et, conformément à l'avis d'Abrachis (Hipparque), il diminua la durée de l'année de près d'un jour en 300 ans. Postérieurement, les observateurs ont trouvé que les étoiles fixes parcouraient un degré en 66 ans.

» En effet, Abrachis et Ptolémée ont observé alors que la tête du Bélier se trouvait en l'hémisphère méridional et non loin de sa position la plus australe, en sorte que la variation se produisait avec lenteur.

» Après Ptolémée, la tête du Bélier s'approcha de l'équateur et le coupa pour passer dans l'hémisphère nord. Alors, elle se mut rapidement...

» C'est pourquoi Al Battani a éprouvé des hésitations au sujet de ce phénomène, et pourquoi il a dit : « Je » vois que cette variation ne procède pas suivant une » vitesse uniforme ; elle est tantôt lente et tantôt » rapide ; s'il y a donc un mouvement que nous igno- » rons et que nous ne saisissons pas, que celui qui

» viendra après nous répète les observations et les » vérifications, comme nous avons fait nous-même. »

La théorie de Thâbit ben Kourrah semble expliquer d'une manière aisée et heureuse les variations des astronomes au sujet de la grandeur de la précession ; elle explique également une autre variation non moins remarquable, la valeur de plus en plus faible que les observateurs ont attribuée à l'obliquité de l'écliptique.

« Par l'effet de ce mouvement, il se produit une variation dans la déclivité de l'écliptique mobile mesurée par rapport à l'équateur. La déclivité maximum correspond au point de l'écliptique mobile qui se trouve à 90° des intersections de ce cercle avec l'équateur...

» Le lieu de l'écliptique fixe qui est le plus éloigné de l'équateur en est distant, par hypothèse, de 23° 30'. Lorsque l'écliptique mobile présente cette inclinaison, ses intersections avec l'équateur ne coïncident pas avec les têtes du Bélier et de la Balance.

» Le point de l'écliptique mobile qui est le plus distant de l'équateur se trouve à certain degré, dans l'Écrevisse ou dans les Gémeaux, selon que la tête du Bélier se trouve au nord ou au sud [de l'écliptique fixe].

» Cette obliquité de l'écliptique mobile est donc plus grande que l'obliquité de l'écliptique fixe; sa valeur est 24° selon la tradition reçue des Indiens (1); Ptolémée l'a trouvée égale à 23° 51' et, au temps d'Al Mamoun, les astronomes l'ont évaluée à 23° 33'. Le mouvement considéré est conçu de telle sorte qu'il faut qu'il en soit ainsi. *Figuratur autem motus oportere illud* (2) ».

(1) Peut-être les Indiens avaient-ils simplement emprunté cette valeur aux Grecs; selon Eudème, c'est celle qu'admettaient les astronomes grecs de son temps (Theonis Smyrnæi *Liber de Astronomia*, cap. XL; éd. Th. H. Martin, pp. 324-326).

(2) Delambre, qui semble animé d'une véritable indignation contre le « malheureux système de la trépidation » imaginé par Thâbit, a écrit, en résumant le *De motu octavæ sphæræ* : « La plus grande déclinaison est de 24°,

D'ailleurs, « ce mouvement est commun aux orbes de tous les astres errants qui sont contenus en l'orbe des signes ; l'orbe des étoiles fixes, qui est l'orbe des figures et des signes, ne possède pas seul ce mouvement ; ce mouvement d'accès et de recès est commun à tout ce qui se trouve sous l'orbe des signes. »

Ainsi, selon Thâbit, l'apogée du soleil, les *auges* ou apogées des excentriques planétaires suivent exactement le mouvement des étoiles fixes ; l'Astronome sabian ne paraît point soupçonner qu'il faille attribuer aux absides du Soleil un mouvement propre par rapport aux étoiles. Al Fergani et Al Battani avaient, avant lui, partagé cette opinion erronée. Ibn Iounis l'a également adoptée après lui ; en un passage du huitième chapitre de la *Table Hakemite*, chapitre que Caussin avait laissé de côté, mais que Sédillot a traduit et que Delambre a analysé (1), l'astronome d'Hakem « ne donne aux apogées et aux nœuds que le mouvement commun d'un degré en 70 ans, ou plus exactement de 51″ 14‴ 43⁗ 59⁗⁗ en 365 jours ».

En analysant l'opuscule de Thâbit ben Kourrah, nous n'avons pas dit un mot, jusqu'ici, du temps que la tête du Bélier et la tête de la Balance emploient à décrire les petits cercles sur lesquels elles se meuvent. Il est assez remarquable, en effet, qu'il ne se trouve aucune mention de ce temps dans le corps même du *De motu octavæ sphæræ*. Cette indication est seule-

suivant ce qu'on nous a rapporté des Indiens ; elle n'est que de 23° 51′ suivant Ptolémée, et les observateurs de Maimon ne l'ont trouvée que de 23° 33′ ; mais Thébith n'en conclut pas formellement une variation de l'obliquité, quoique cette variation soit une conséquence nécessaire de son hypothèse ; il n'en dit mot, et peut-être n'en a-t-il pas eu la moindre idée. » (Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-âge*, p. 74.) Ce jugement erroné, et qui suppose une lecture singulièrement superficielle, a été reproduit par Th. H. Martin (Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue... avant Hipparque ?* Chapitre V).

(1) Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-âge*, p. 98.

ment contenue dans les tables d'accès et de recès qui terminent ce petit traité. Ces tables sont construites les unes au moyen de l'année arabe, les autres au moyen de l'année chrétienne. Ces dernières nous enseignent que la tête du Bélier et la tête de la Balance accomplissent chacune leur révolution en 4171 ans et demi.

Les tables où se trouve cette indication font parfois défaut dans les manuscrits (1) ; on s'explique ainsi que certains des astronomes de la Chrétienté latine qui ont exposé le système de la trépidation, soient demeurés muets sur la durée de ce mouvement. C'est ce que nous aurions occasion de constater si nous analysions ici les traités du calendrier de Robert Grosse-Teste et de Campanus de Novare.

Comment Thâbit a-t-il obtenu cette valeur de 4171 ans et demi qu'il attribue à la durée totale du mouvement de trépidation? Il ne nous le dit pas. Il ne nous dit pas davantage comment il a été conduit à donner à l'écliptique fixe une inclinaison de 23° 30′, aux trajectoires circulaires de la tête du Bélier et de la Balance un diamètre de 8° 37′ 26″. En indiquant avec cette minutieuse précision les valeurs numériques des trois éléments du mouvement de trépidation, l'auteur nous laisse supposer qu'il les déduit de la discussion d'observations nombreuses et soignées. Or, à ces observations, à la discussion dont elles ont dû être l'objet, il ne fait pas la moindre allusion. Il nous présente une théorie arrêtée dans ses moindres détails, et ne nous laisse rien deviner des tâtonnements par lesquels il est parvenu à la construire. C'est un des caractères mystérieux qu'offre le *Liber de motu octavæ sphæræ;* ce n'est pas le seul.

(1) Par exemple, dans le ms. n° 7333 du fonds latin de la Bibliothèque nationale.

IX

Al Zarkali et les **Tables de Tolède**

Une autre étrangeté du *Liber de motu octavæ sphæræ* nous amène à nous poser cette question : Cet écrit est-il de Thâbit ben Kourrah ?

Il peut paraître singulier que nous hésitions à attribuer cet opuscule à l'Astronome sabian, alors que tous les manuscrits de la traduction latine le donnent comme de lui. Mais ce témoignage unique, car tous ces manuscrits sont vraisemblablement des copies d'un même original, vaut-il contre le silence et surtout contre le témoignage formel de plusieurs auteurs arabes ?

En ceux de ses écrits astronomiques qui ont été mis en latin, Thâbit ne fait aucune allusion à son livre du mouvement de la huitième sphère ni, d'une manière plus générale, au mouvement de trépidation.

Sans doute, la lettre adressée à Ishac ben Honeïn, qu'Ibn Iounis nous a conservée, témoigne que Thâbit ben Kourrah s'était occupé du problème du mouvement des étoiles fixes et qu'il avait tenté une solution de ce problème. Mais en quoi consistait cette solution ? Nous n'en savons rien, si ce n'est qu'elle n'était pas identique à celle des anciens astrologues mentionnés par Théon d'Alexandrie.

Si l'on voulait donc prouver que le *Liber de motu octavæ sphæræ* est bien de Thâbit ben Kourrah, on ne saurait, en tous cas, invoquer le propre témoignage de Thâbit.

Il ne semble pas que l'on puisse davantage appeler comme témoin aucun autre astronome de l'Islam.

Ibn Iounis, qui nous a conservé la lettre adressée par Thâbit ben Kourrah à Ishac ben Honeïn, ne dit

pas un mot du mouvement de trépidation décrit par le *De motu octavæ sphæræ liber*, bien que la discussion de ce mouvement parût importante à l'objet de la *Table Hakemite ;* l'omission est d'autant plus frappante que la même *Table Hakemite* cite, à plusieurs reprises, le *Traité de l'année solaire* de Thâbit.

Al Birouni nous donne, au sujet de ce *Traité de l'année solaire,* une précieuse indication.

Al Uftâd Aboul-Reihân Mohammed ben Ahmed Zein ed-Din al Birouni qui mourut en 1039, a laissé, parmi ses nombreux ouvrages, une *Chronologie des peuples de l'orient ;* cette *Chronologie* nous apprend (1) qu'en une discussion sur la longueur de l'année tropique, Hamzah ben al Hhasan al Isfahani, qui écrivait à Bagdad au xe siècle de notre ère, invoquait à l'appui de son opinion un traité *Sur l'année solaire* de l'un des *Trois frères,* de Mohammed ben Mousa ben Shakir ; Al Birouni ajoute : « Le livre que Hamzah citait est le livre que l'on attribue à Thâbit ben Kourrah ; Thâbit, en effet, était élève de cette famille [des trois fils de Mousa ben Shakir] ; ce qui se peut lire en ce livre, il l'a tiré des enseignements de cette famille... L'objet de ce livre est de prouver l'inégalité et la différence qui affectent les années solaires par suite du mouvement de l'apogée ; à cause de cela, pour déterminer le moyen mouvement du Soleil en une de ces années solaires, il eût fallu que les révolutions eussent des durées égales et que les mouvements fussent proportionnels aux temps employés à les accomplir ; mais les seules évolutions qui ont paru à Thâbit garder une durée constante, ce sont les révolutions sur l'excentrique, comptées depuis le passage en un point donné de l'excentrique jusqu'au

(1) Albêrûni, *Chronologie orientalischer Völker*. herausgegeben von Ed. Sachau. Leipzig, 1876-1878, p. 52. — *The Chronology of the oriental nations, an english version of the arabic text of the Athar-ul-Bakiya of* Albiruni, translated with notes by Ed. Sachau. London, 1379, pp. 61-62.

retour au même point... Mais ce n'est pas cette durée-là que l'on nomme année solaire... »

Si Thâbit regardait comme constante la durée anomalistique, tandis qu'il attribuait à l'année tropique une durée variable, c'est assurément qu'il n'admettait pas la théorie de la précession des équinoxes telle que l'avaient formulée Hipparque et Ptolémée, telle que l'avaient admise Al Fergani et Al Battani ; c'est, vraisemblablement, qu'il substituait au mouvement continu et uniforme des points équinoxiaux, supposé par ces astronomes, un mouvement alternatif d'accès et de recès. Mais ce mouvement d'accès et de recès, reçu par Thâbit ben Kourrah en son *Traité de l'année solaire*, était-il identique à celui que décrit le *Livre du mouvement de la huitième sphère?* Rien, dans les propos d'Al Birouni, ne nous permet de l'affirmer.

Un autre passage d'Al Birouni nous montre que le mouvement d'accès et de recès était enseigné par certains astronomes, successeurs immédiats de Thâbit, et qui avaient dû subir son influence ; mais ce passage d'Al Birouni nous induirait à croire que ces astronomes n'admettaient pas le système de trépidation exposé par le *Liber de motu octavæ sphæræ ;* qu'ils admettaient un accès et un recès des points équinoxiaux, cet accès et ce recès ayant l'un et l'autre une amplitude de 8°, comme au système des anciens astrologues cités par Théon d'Alexandrie.

En effet, après avoir rappelé en quel point les astronomes chaldéens faisaient commencer l'année tropique, Al Birouni ajoute (1) :

« Cette quantité de 8° avait été choisie par eux parce qu'ils pensaient que cette différence provient du mouvement alternativement direct et rétrograde de

(1) Al Birouni, *Op. laud.*, texte arabe, p. 322, verso ; traduction anglaise, pp. 325-326.

la sphère, mouvement dont l'amplitude maximum est de 8°... L'explication la meilleure et la plus commode de ce mouvement se trouve au *Zig as-safâ' ih*, dont l'auteur est Aboû Ga' far al Khâzin, et au livre sur les mouvements du Soleil, qu'a composé Ibrâhîm ben Sinân. »

Or Aboû Ga' far al Khâzin est mort entre les années 961 et 971 après J.-C., et Ibrâhîm ben Sinân, mort à l'âge de 38 ans, en août 946, était le propre neveu de Thâbit ben Kourrah.

D'autres astronomes encore, plus exactement contemporains de Thâbit, ont écrit des traités sur le mouvement de trépidation. Au témoignage d'Ibn al Kifti (1), l'astronome Ibn al Adami avait composé un traité qui fut publié après sa mort, en 920, par un de ses disciples. « En ce traité, il déterminait le mouvement des astres selon la méthode du livre *as-Sindhind ;* il disait, au sujet du mouvement d'accès et de recès de la sphère céleste, certaines choses que personne n'avait exposées avant lui. Ce que l'on entendait conter, à l'endroit de ce mouvement, avant l'apparition du livre en question ne pouvait être ni compris ni réduit à une règle fixe ; mais lorsque ce livre eut été publié, on put comprendre la forme de ce mouvement vagabond ; ce fut la cause qui amena un grand nombre d'astronomes à étudier cette doctrine. Said ben al-Hasan al Andalousi, juge de Tolède [mort en 1070] fait cette déclaration : Lorsque j'eus achevé la lecture de ce livre, il m'apparut, au sujet de ce mouvement, des vérités qui n'ont, je pense, apparu jusqu'ici à personne ; en cet écrit, j'ai découvert les principes que j'ai exposés dans un livre intitulé : *Correction des mouvements des étoiles.* »

Or, ce livre *as-Sindhind*, dont Ibn al Adami s'était inspiré, à l'imitation d'Habasch et de bon nombre d'au-

(1) Al Battani, *Opus astronomicum*, t. I, p. 303 (Note de M. Nallino).

teurs arabes, n'était autre que le traité indien *Sourya-Sidhânta ;* et ce traité adoptait (1) une théorie de l'accès et du recès analogue à celle qu'avaient exposée les « anciens astrologues » mentionnés par Théon d'Alexandrie ; seulement, l'amplitude de l'oscillation était portée de 8° à 54°, et la vitesse qui lui était attribuée atteignait à peu près 1° en 67 ans. C'est donc ce système, présenté par un contemporain de Thâbit ben Kourrah, qui était loué par ses successeurs comme la théorie la plus parfaite du mouvement de trépidation que l'on eût encore donnée ; éloge bien singulier de la part de ces astronomes, s'ils eussent connu le *Liber de motu octavæ sphæræ !*

Les renseignements concordants que nous fournissent Ibn Iounis, Al Birouni, Ibn al Kifti nous permettent donc d'affirmer que Thâbit ben Kourrah et ses successeurs immédiats avaient admis l'hypothèse de l'accès et du recès et en avaient tiré des conséquences relatives à la durée de l'année ; mais ils ne nous autorisent nullement à affirmer que le système de trépidation adopté par ces astronomes fût celui qui est exposé au *Liber de motu octavæ sphæræ.*

Nous allons entendre bientôt divers auteurs musulmans ou juifs nous affirmer, de la manière la plus catégorique, que ce dernier système a été imaginé par Al Zarkali.

Ibrahim ben Iahia al Nakkach abou Ishac, surnommé Ibn al Zarkali al Andalousi, est désigné, dans les écrits astronomiques du Moyen-Age, par les noms d'Azarchele, Arzachele, al Zarcala etc. (2). Le titre

(1) Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue... avant Hipparque ?* Ch. VI, § 5.

(2) Sur Al Zarkali, voir : *Vite di matematici Arabi tratti da un' opera inedita di* Bernardino Baldi, *con note di* M. Steinschneider, art. XI : *Arzahele* (Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche, pubblicato da B. Boncompagni, t. V, 1872, pp. 508-524). M. Steinschneider, *Études sur Zarkali, astronome arabe du XIe siècle, et ses*

al Andalousi que lui donnent certains manuscrits nous apprend qu'il était andalou ou qu'il vécut en Andalousie.

Aboul Hhassan nous apprend (1) qu'il observait à Tolède en 1061 ; il nous cite une autre observation faite par lui en 1080; l'époque de son activité scientifique nous est donc connue avec une assez grande précision.

Quelles furent exactement les doctrines d'Al Zarkali sur le mouvement des étoiles fixes? Nous les trouverions, sous doute, dans l'ouvrage intitulé : *Traité sur le mouvement des étoiles fixes,* qu'il avait composé, et dont la Bibliothèque nationale de Paris conserve (2) une traduction en hébreu; cette traduction fut faite, en la première moitié du XVIe siècle, par un juif de Marseille, nommé Samuel ben Jéhuda et surnommé Rabbi Miles.

La lecture de ce traité nous étant inaccessible, nous sommes réduits à demander aux *Tables de Tolède* ce qu'Al Zarkali enseignait touchant le mouvement lent de la sphère étoilée.

Rien ne prouve que les *Tables de Tolède* soient d'Al Zarkali (3); nul manuscrit de ces tables ne le désigne comme en étant l'auteur; il est seulement nommé dans les *Canones* qui précèdent ces tables, et que tout concourt à faire regarder comme son œuvre. Sur les principes posés par Al Zarkali et que développent ces *Canones*, les *Tables de Tolède* auraient été dressées par un groupe de savants arabes et juifs, encouragés par le kadi Sâïd ben Sâïd.

ouvrages (BULLETINO... pubblicato da B. Boncompagni, t. XIV, 1881, pp. 171-182; t. XVI, 1883, pp. 493-527 ; t. XVII, 1884, pp. 765-794; t. XVIII, 1885, pp. 343-360 ; t. XX, 1887; pp. 1-36 et pp. 575-604).

(1) *Supplément au Traité des instruments astronomiques des arabes*, par L. Am. Sédillot, Paris, 1844, p. 30.

(2) Bibliothèque nationale, fonds hébreu, ms. n° 1036. Cf. Steinschneider, *Études sur Zarkali* (BULLETINO... da B. Boncompagni, t. XX, p. 3, 1887).

(3) Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, p. 176; Steinschneider, *Études sur Zarkali* (BULLETINO... da B. Boncompagni, t. XX' 1887, p. 1.)

Au sujet de la confection de ces tables, nous avons rencontré un renseignement qu'il nous faut reproduire ici, bien que nous n'en connaissions pas l'origine et que nous ne puissions, par conséquent, en contrôler l'exactitude.

Le ms. n° 7281 (fonds latin) de la Bibliothèque Nationale est un recueil d'écrits astronomiques qui furent réunis au xve siècle; le copiste, qui était sûrement un astronome curieux du passé de sa propre science, a enrichi plusieurs des pièces qu'il copiait en y joignant des remarques intéressantes. C'est ainsi qu'à l'un des écrits contenus en ce recueil, aux *Canones tabularum astronomiæ Azarchelis,* est jointe la note suivante (1) :

« Ces tables ont été composées par Abensahet (Sâïd ibn Sâïd) juge (kadi) du roi Mamoun (Al Mamoun Yahyé) à Tolède. Arzachel, et d'autres avec lui, étaient disciples de ce juge; mais Arzachel était préposé aux instruments et dirigeait les observations. Lorsque le dit roi (2) eut été chassé de Tolède par les Chrétiens, Arzachel alla à Cordoue; là, il imagina et exécuta de nouvelles observations; là aussi, il composa un traité sur le mouvement du Soleil et des étoiles fixes. Après lui, vint Alcamet, qui fut disciple d'Arzachel et, aussi, disciple de Messala (Mascillah) (3); cet Alcamet composa les tables persanes et les quatre premières tables. Après lui, Albubalet de Cordoue, qui fit ses observations à Murcie, acheva ces tables et y ajouta les tables des conjonctions solaires. »

Quelle que soit l'histoire exacte de la composition

(1) Bibliothèque nationale, fonds latin, ms. n° 7281, fol. 30, v°.

(2) Ce n'est pas Al Mamoun Yahyé (1061-1076) qui fut chassé de Tolède par Alphonse VI; il eut pour successeur Alcadir-Billahon Hacham (1076-1081); à celui-ci, succéda Yahyé à qui, en 1085, les chrétiens enlevèrent son royaume. Notre annotateur a commis une confusion entre les deux Yahyé.

(3) Il y a ici une erreur manifeste; Masciallah vivait en la première moitié du ixe siècle.

des tables de Tolède, il semble, en tous cas, que ces tables nous présentent un reflet fidèle des doctrines astronomiques professées par Al Zarkali.

Al Zarkali a-t-il emprunté à Thâbit ben Kourrah le système de trépidation qu'il adopte? Nous allons entendre des auteurs musulmans, qui ont écrit moins d'un siècle après Al Zarkali, nous affirmer, de la manière la plus formelle, qu'il a imaginé le premier ce système. Si nous voulons admettre leur témoignage, et aucun témoignage en sens contraire ne nous autorise à le récuser, il nous faudra bien admettre également que le *Liber de motu octavæ sphæræ* n'est point de Thâbit, qu'il est d'Al Zarkali ou de quelqu'un de ses disciples.

Voici le premier et le plus détaillé de ces témoignages; il émane d'un auteur particulièrement compétent, d'Al Bitrogi.

Dès l'introduction de sa *Théorie des planètes* (1), Al Bitrogi nomme Zarkali : « Tous les modernes, dit-il, ont suivi Ptolémée; aucun n'a combattu ses affirmations, si ce n'est le célèbre Alzarcala au sujet du mouvement de l'orbe des étoiles fixes, et le fils d'Aflah de Séville à propos de l'ordre des orbes du Soleil, de Vénus et de Mercure. »

Là où la version de Calo Calonymos donne le nom abrégé Alzarcala, la version de Michel Scot (2) donne : « Abu Isac Abrahim Enewah winolus Zarques », mots où l'on reconnaît : « Abou Ishac Ibrahim ben Iahia cognominatus Zarkala. » La version hébraïque, faite en 1259 par Moïse ben Samuel ibn Tibbon, donne la suite complète et correcte de ces noms (3).

(1) Alpetargii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 2, recto.

(2) Jourdain, *Recherches critiques sur l'âge et l'origine des traductions latines d'Aristote*, p. 508.

(3) *Vite di Matematici Arabi tratte da un' opera inedita di* Bernardino Baldi *con note di* M. Steinschneider. M. *Arzahele*, note 8 (BULLETINO... pubblicato da B. Boncompagni, t. V, 1872, p. 413).

Après avoir rappelé quel était, selon Ptolémée, le mouvement des étoiles fixes, Al Bitrogi poursuit en ces termes (1) : « Le docteur Avoashac Alzarcala, qui lui a succédé, a supposé, en son livre du mouvement d'accès et de recès, que ce mouvement ne se produisait pas toujours suivant l'ordre des signes, comme Ptolémée l'avait cru. A l'aide des observations de Ptolémée, qui vécut avant lui et qui prétendait que ce mouvement procédait toujours selon l'ordre des signes, des observations des astronomes venus après Ptolémée, enfin de ses propres observations, il a affirmé que ce mouvement tantôt procède suivant l'ordre des signes et tantôt rétrocède, distinct alors du mouvement de l'Univers et marchant contre l'ordre des signes. Il a fait reposer ce mouvement sur certaines hypothèses et sur certains principes analogues aux principes sur lesquels Ptolémée a fait reposer la théorie des astres errants ou de plusieurs d'entre eux ; mais ces hypothèses et ces principes sont fort éloignés de la vérité, et, à coup sur, tous ces principes sont imaginaires, bien qu'ils invoquent des cercles qui se meuvent et qui sont mus ; et, à vrai dire, ce ne sont pas des principes auxquels il faille donner son adhésion. De ce qu'Alzarcala a dit de l'accès et du recès de l'orbe des étoiles fixes, nous avons déjà fait mention précédemment ; cela se trouve consigné en certaines tables composées par ceux qui s'occupent de la science des astres ; mais comme c'est un mouvement imaginaire et non point un mouvement vrai et exact, ceux qui sont venus depuis n'en ont plus parlé, et leur silence a engendré une controverse relative aux positions des étoiles fixes. »

La version hébraïque, plus complète que la version

(1) Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 6, verso. M. Steinschneider (*loc. cit.*, p. 512), a élucidé certains passages fautifs de la version de Calo Calonymos en les comparant à la version hébraïque.

latine de Calo Calonymos, après avoir donné mention, comme il est fait au début du précédent passage, du « livre sur le mouvement d'accès et de recès composé par Al Zarkali », ajoute : « Les astronomes qui sont venus après lui ont dressé des tables relatives à ce mouvement ; ils ont aussi dressé des tables pour la variation d'inclinaison du cercle solaire et pour tout ce que ce mouvement exige... »

Une troisième fois, Al Bitrogi parle (1), à peu près dans les mêmes termes, des travaux d'Al Zarkali sur la trépidation des étoiles : « Avoashac Alzarcala, dit-il, ayant considéré ces divers mouvements, s'est efforcé de les réunir [en un système], selon ce qui lui avait semblé, et il en composa une théorie et un *comput*, bien qu'il n'ait pas connu vraiment et parfaitement le mouvement des étoiles, à savoir que les pôles de l'orbe des étoiles fixes se meuvent sur des cercles parallèles à l'équateur, de telle sorte que le mouvement des étoiles suive le mouvement de ces deux pôles. »

En tout ce qu'Al Bitrogi nous dit des travaux d'Al Zarkali touchant le mouvement des étoiles, il ne fait aucune mention des recherches de Thâbit ben Kourrah, comme si celui-ci n'eût pris aucune part à la théorie de la trépidation qu'adoptent les *Tables de Tolède*, et que celui-là en fût le véritable inventeur. Cette impression est bien celle que la lecture d'Al Bitrogi a fait éprouver à Delambre (2) ; bien qu'il ne sache s'il doit reconnaître « Arzachel », c'est-à-dire Al Zarkali, dans cet « Avoashac Alzarcala », il se demande « s'il faut lui attribuer la première idée de la trépidation établie avec plus de détail par Thâbit, qui pourtant paraît ne pas y croire. » D'ailleurs, peut-on douter qu'Al Bitrogi ne regarde Al

(1) Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 12, recto. — Les mots : *Et composuit de his theoricam et computum* doivent être placés immédiatement après ceux-ci : *ut sibi visum est*, avant le mot : *licet*.

(2) Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, p. 175.

Zarkali comme l'inventeur du mouvement d'accès et de recès admis en l'Astronomie de son temps, lorsqu'il le désigne comme *le seul* des modernes qui ait osé, sur ce point, contredire à l'autorité de Ptolémée ?

Si nous réunissons les renseignements divers que nous donne Al Bitrogi, nous voyons qu'Al Zarkali a écrit un livre sur le mouvement d'accès et de recès, que ce livre se compose d'une théorie et d'un *comput ;* enfin, que les astronomes qui sont venus après lui ont dressé des tables où sont calculées d'avance les conséquences de ce mouvement et, particulièrement, les variations de l'obliquité de l'écliptique.

Au nombre des tables dont il est ici question, il faut sans aucun doute compter les *Tables de Tolède*. Mais dans ce traité sur le mouvement d'accès et de recès, qui se compose d'une théorie et d'un *comput*, comment ne pas reconnaître, clairement désigné, le *Liber de motu octavæ sphæræ ?* Il semble donc évident qu'à tort ou à raison, Al Bitrogi attribue cet écrit à Al Zarkali, et nullement à Thâbit ben Kourrah.

Averroès, contemporain et condisciple d'Al Britogi, partageait vraisemblablement cette opinion ; on s'explique ainsi qu'à propos de la théorie de l'accès et du recès, il cite Al Zarkali, tandis qu'il ne prononce pas le nom de Thâbit. « Ptolémée, dit-il (1), a pensé que l'orbe des signes est animé, en outre du mouvement diurne, d'un mouvement très lent, qui accomplit sa révolution en trente-six mille ans. Quelques autres se sont imaginé que ce mouvement était un mouvement alternatif d'avance et de retard ; tel ce personnage, surnommé Alzarcala, qui fut de notre pays, c'est-à-dire d'Andalousie ; tels aussi ceux qui l'ont suivi ; ils ont composé une certaine Astronomie qui a ce mouvement pour conséquence. »

(1) Averrois *Epitome Metaphysicæ* (Aristotelis Stagiritæ *Metaphysicorum libri XIIII cum* Averrois Cordubensis *in eosdem commentariis et epitome.* Venetiis, apud Juntas, MDLIII, fol. 152, col. a.).

En un autre ouvrage, Averroès semble, plus expressément encore, désigner Al Zarkali comme le premier astronome qui ait donné une forme acceptable à la théorie de la trépidation. L'ouvrage dont nous voulons parler est l'abrégé de l'*Almageste* que le célèbre philosophe avait composé ; on en possède seulement une version hébraïque qui n'a jamais été imprimée.

Vers la fin de la première partie de cet ouvrage (1), en traitant de la théorie du mouvement des étoiles fixes, Averroès observe que cette théorie faisait naître des doutes chez les observateurs arabes « jusqu'à ce que l'homme connu chez nous dans cet art, dans lequel il surpassa tous ses prédécesseurs, nommé Al Zarkala, eût fait des efforts en ses observations » et qu'il lui fût possible, en les combinant avec celles qu'il trouva faites avant lui, de produire une équation de ce mouvement.

Al Bitrogi et Averroès ne prononcent donc pas le nom de Thâbit ben Kourrah lorsqu'ils parlent de la théorie de la précession des équinoxes; tous leurs éloges vont à Al Zarkali. Même silence à l'égard de Thâbit, même enthousiasme à l'égard d'Al Zarkali se remarquent chez un astrologue juif qui fut le contemporain d'Al Bitrogi et d'Averroès ; nous voulons parler du célèbre Abraham aven Ezra, qui, comme l'on sait, naquit en 1119 et mourut en 1175.

Aven Ezra parle de la précession des équinoxes en son traité : *Liber conjunctionum planetarum et revolutionum annorum mundi qui dicitur de mundo vel sæculo*, traité qui fut composé en 1147 et qu'Henri Bate traduisit de l'hébreu au latin, à Malines, en 1281 (2).

(1) Steinschneider, *Études sur Zarkali* (Bulletino..., t. XX, 1887, p. 17).

(2) Abrahe Avenaris Judei *Astrologi peritissimi in re iudiciali opera : ab excellentissimo Philosopho* Petro de Abano *post accuratam castigationem in latinum traducta. Introductorium quod dicitur principium sapientie. Liber rationum. Liber nativitatum et revolutionum earum. Liber interrogationum. Liber electionum. Liber luminarium et est de cognitione diei cretici seu de cognitione cause crisis. Liber coniunctionum planetarum et*

Voici ce que nous lisons, en ce traité, au sujet de l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur (1) : « Les anciens sages ont affirmé qu'elle était exactement de 24°. Ptolémée prétend qu'elle est plus grande que 23° 45′ et moindre que 23° 51′, mais il n'en a pu connaître la véritable valeur. Abraham (Il faut lire : *Abrachis*, c'est-à-dire Hipparque), de son côté, dit qu'elle est $\frac{11}{77}$ d'un cercle entier, c'est-à-dire 23°51′. Les savants sarrazins ont plus de génie que tous ceux-là, car, en leur science, ils s'accordent entre eux ; ils s'accordent donc à déclarer que l'arc d'inclinaison est 23° 23′. Excepté Yahagi fils d'Eumanasour (Iâhia ben Abou Mansour) et Abraham Azarchel, qui eurent encore plus de génie que tous ces derniers ; ils ont dit que l'arc d'inclinaison était 23° 33′. »

Plus loin (2), Abraham aven Ezra nous parle du mouvement de l'apogée solaire, puis de la précession des équinoxes :

« Ptolémée dit que l'auge du Soleil se trouve à 6° des Gémeaux ; et il fut, en effet (3), au lieu qu'indique Pto-

revolutionum annorum mundi qui dicitur de mundo vel seculo. Tractatus insuper quidam particulares eiusdem Abrahe. *Liber de consuetudinibus in iudiciis astrorum et est centiloquium* Bethen *breve admodum. Eiusdem de horis planetarum*. Colophon (Au fol. XCI, verso, à la fin des traités d'Abraham aven Ezra) : Expliciunt peritissimi astrologi Abrahe Avenaris preclara opuscula cum nonnullis particularibus tractatibus egregiis astrorum iudicibus sat conducentibus Arte et ingenio solertis viri Petri Liechtenstein in corpus unum (ad commune divino huic negocio inhiantium commodum) miro indagine accumulata impensaque propria pulcherrimis his characteribus excusa. Venetiis Anno virginei partus supra millesimum quingentesimum septimo. Pridie kalendas Junias. Cum Privilegio.

La date du *Liber de mundo vel seculo* est donnée par une phrase qui se trouve au fol. LXXX, col. 6 ; nous y voyons qu'il fut composé « en l'an 4908 de la création du Monde selon les Juifs, et en l'an 1147 de l'Incarnation du Seigneur ».

(1) Abraham aven Ezra, *Op. laud.*, fol. LXXIX, col. a.

(2) Abraham aven Ezra, *Op. laud.*, fol. LXXIX, coll. b et c.

(3) Le texte ajoute ici les mots : *Et est semper ubi dicit ipse Ptolemeus ;* non seulement ces mots expriment une erreur, mais ils sont en contradiction avec ce qui suit. Il représente une glose introduite par quelque copiste ignorant.

lémée. Après lui, vinrent de nombreux observateurs, dont la science ne le cédait pas à celle de leur prédécesseur; ils trouvèrent que, durant les 720 années écoulées entre Ptolémée et leur temps, l'auge avait progressé d'un mouvement égal et se trouvait 4° plus loin que ne l'avait dit Ptolémée; c'est pourquoi les tables de Ptolémée ne valent plus aujourd'hui. Aussi est-on stupéfié lorsque l'on voit cet excellent homme qui a composé des tables sur le mouvement égal d'Albategni, et qui prétend que ce sont les tables de Ptolémée. D'autres observateurs ont trouvé, en leur temps, que l'auge du Soleil était à 22° des Gémeaux.

» Ptolémée a dit aussi que le mouvement des étoiles situées en l'orbite suprême était de 1° en cent ans. D'autres ont trouvé que ce mouvement était d'un degré et demi en chaque laps de cent ans...

» Pour nous, en ce qui concerne le lieu du Soleil, nous nous sommes appuyés sur ce qui était au temps d'Azolphi (As Soufi); nous n'avons jamais vu, en effet, qu'il eût existé un observateur semblable à celui-ci en l'invention des calculs astronomiques. En ce point, d'ailleurs, Abraham Azarchel s'accorde avec lui. A l'époque de ce dernier, nul ne fut aussi savant que lui. Or, en son temps, il a observé le lieu du Soleil, et il s'est trouvé d'accord avec ce qu'avait dit Azolphi. »

Ajoutons qu'Aven Ezra admet (1), pour les étoiles fixes, une précession uniforme de 1° en 70 ans; l'orbe qui les porte accomplirait, selon lui, sa révolution en 25 000 ans.

En ces remarques où il eût été si naturel de citer le *Tractatus de motu octavæ sphæræ* de Thâbit ben Kourrah, Aven Ezra ne fait aucune mention de ce livre; le nom d'Al Zarkali, au contraire, revient à plusieurs reprises, et ses déterminations, conformes à

(1) Abraham aven Ezra, *Op. laud.*, fol. LXXX, col. a.

celles que contient le livre attribué à l'Astronome sabian, sont citées avec grand honneur.

Aboul Hhassan, de Maroc (Abou' Ali al Hhassan al Marrakoushi), qui écrivait au commencement du XIIIe siècle, s'exprime à peu près comme Al Bitrogi et comme Averroès. Parlant du mouvement de précession des équinoxes, il déclare (1) que les réductions faites par Hipparque et par Ptolémée ont causé des erreurs dont les modernes se sont aperçus ; puis il ajoute : « Ces derniers ont essayé d'y remédier, et le premier qui l'ait fait avec succès, et qui ait donné des déterminations justes et exactes est le cheik Fadhel Abou Ishâkh Ibrahim ben Iahia, surnommé Al Rhazkhâllah (Al Zarkali), qui observait à Tolède dans l'année de l'hégire 453, et qui a composé sur ce sujet un ouvrage qui peut servir de règle à ceux qui s'occupent de cette matière. »

A la suite de cette indication, Aboul Hhassan donne des tables de trépidation disposées exactement comme celles que l'on trouve au *De motu octavæ sphæræ ;* seulement, les nombres qu'il adopte sont un peu différents de ceux que l'on trouve en ce livre ; au lieu de donner à l'excursion du point équinoxial sur l'écliptique une amplitude de 21°30', il réduit cette amplitude exactement à 20° ; en outre, au lieu d'attribuer au phénomène d'accès et de recès une période de 4171,5 années Juliennes, il admet que cette période vaut seulement 3793,5 années lunaires ; enfin (2), il fait varier l'obliquité de l'écliptique, dans le même temps, entre 23°33' et 23°53'.

(1) *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, par Aboul Hhassan Ali de Maroc, traduit par J.-J. Sédillot, t. I, Paris, 1834-1835, p. 127.

(2) Aboul Hhassan, *Op. laud.*, pp. 174-178. Tout ce qu'Aboul Hhassan dit au sujet de la trépidation a donné lieu à des remarques fort inexactes de J. Sédillot (Aboul Hhassan, *Op. laud.*, p. 150, en note) et de L. Am. Sédillot (L. Am. Sédillot, *Supplément au Traité sur les instruments astronomiques des Arabes*, Paris, 1845, pp. 31-32.)

Il est bien malaisé, après avoir lu ces témoignages concordants d'Al Bitrogi, d'Averroès, d'Aven Ezra et d'Aboul Hhassan, de ne point adopter l'opinion que voici :

Thâbit ben Kourrah s'est assurément occupé de l'hypothèse de l'accès et du recès; en particulier, il a reconnu que, selon cette hypothèse, l'année tropique ne pouvait avoir une durée invariable. Mais ce n'est pas lui qui a donné à la théorie de la trépidation la forme qui devait, pendant plusieurs siècles, ravir l'assentiment des astronomes; le *Liber de motu octavæ sphæræ* n'est pas de lui; il est l'œuvre d'Al Zarkali ou d'un disciple de ce dernier.

Cette hypothèse fournit, en outre, l'explication d'une particularité embarrassante que présente le *Liber de motu octavæ sphæræ*. Cet ouvrage cite l'opinion d'Al Battani sur le mouvement des étoiles fixes; les termes de cette citation, rapprochés de ceux qui sont employés en l'*Opus astronomicum*, nous amènent à conclure que ce dernier ouvrage se trouvait sous les yeux de l'auteur du *Liber de motu octavæ sphæræ* lorsqu'il a composé son opuscule. Mais Thâbit ben Kourrah est mort au mois de février 901; comment a-t-il pu connaître, et mentionner comme antérieur à ses propres recherches, l'*Opus astronomicum* d'Al Battani, où sont rapportées deux observations fondamentales faites à Antioche en janvier 901 et en août 901?

Pour expliquer cette étrangeté, M. Nallino est obligé de supposer que Thâbit ben Kourrah a eu en mains une première édition de l'*Opus astronomicum*, antérieure à celle dont la Bibliothèque de l'Escurial nous a conservé le texte arabe et qui a été traduite en latin par Platon de Tivoli. L'étrangeté disparaît d'elle-même si l'on suppose que le *Liber de motu octavæ sphæræ* n'est point l'œuvre de Thâbit, mais bien l'œuvre d'Al Zarkali.

Ajoutons qu'au Moyen-Age et à l'époque de la Renaissance, alors que la connaissance des écrits de Thâbit et d'Al Zarkali s'unissait à une ignorance profonde des dates qui fixaient les temps où ils vécurent, il n'était pas rare que l'on regardât l'auteur du *De motu octavæ sphæræ* comme un successeur de l'Astronome de Tolède. On marquait bien, par là, la parfaite concordance entre les théories de la précession admises par ces deux auteurs.

C'est ainsi que Pierre d'Abano, en son *Lucidator Astronomiæ*, écrit (1), à propos du système de la trépidation : « Quelques-uns des astronomes qui sont venus ensuite ont développé davantage l'étude de ce mouvement; ils ont construit à son sujet des tables, qui donnassent chacune des différences qu'il produit; c'est ce que fit surtout l'espagnol Archazel, constructeur des tables de Tolède, et ce qu'a entrepris enfin Thebit fils de Chora. »

Au seizième siècle, dans un ouvrage qui renferme d'intéressants renseignements historiques touchant la théorie de la précession des équinoxes, et dont nous aurons à parler plus longuement dans l'article suivant, Agostino Ricci semble (2) partager l'opinion de Pierre d'Abano et regarder Thâbit ben Kourrah comme postérieur à Al Zarkali.

De tous les faits que nous venons de réunir semble se dégager cette conclusion : Le *Liber de motu octavæ sphæræ* n'est pas l'œuvre de Thâbit ben Kourrah, mais celle d'Al Zarkali ou de quelqu'un de ses disciples ; Al Zarkali est l'inventeur du mouvement de trépidation que l'auteur de ce traité attribue à la sphère des étoiles fixes.

(1) Petri Paduanensis *Lucidator Astronomiæ*, differentia II. (Bibliothèque nationale, ms. n° 2598 latin, fol. 107, col. c.)

(2) Augustini Riccii *De motu octavæ sphæræ;* Imprimebat Lutetiæ Simon Colinæus, 1521, fol. 6, verso.

Nous trouvons encore, dans le traité d'Aboul Hhassan, un autre renseignement précieux sur l'œuvre astronomique d'Al Zarkali. Le douzième chapitre de ce traité commence en ces termes (1) :

« Les observateurs d'Al Razkâl (Al Zarkali) ont fait connaître que l'apogée du Soleil avance dans la sphère étoilée [suivant l'ordre des signes] d'un degré en 299 années grecques, ce qui donne une minute environ pour 5 années arabes ; car il faut retrancher de cette progression près d'une minute après chaque période de 190 années arabes. »

Al Zarkali est donc le premier qui ait vraiment mis en évidence le mouvement propre que l'apogée solaire éprouve, d'occident en orient, par rapport aux étoiles fixes ; en outre, l'évaluation qu'il a donnée pour la vitesse de ce déplacement s'écarte fort peu de la vérité ; il pense, en effet, que cette vitesse atteint 12″,04 par an ; l'Astronomie actuelle la réduit à 11″,8 dans le même temps. Cette découverte suffirait à illustrer le nom de l'astronome qui l'a faite.

C'est par la comparaison de ses propres observations avec celles d'Al Battani qu'Al Zarkali fut amené à découvrir ce mouvement de l'apogée solaire ; mais, bien qu'il eût trouvé l'apogée du Soleil plus avancé vers l'orient qu'au temps d'Al Battani, Al Zarkali reconnut à l'excentricité la valeur même que son prédécesseur lui avait attribuée. « Force lui fut donc, écrit Georges de Peurbach (2), de dire que le centre de l'excentrique du Soleil se meut sur un certain petit cercle, comme il arrive pour Mercure. »

Entre le cas de Mercure et celui du Soleil, ainsi

(1) Aboul Hhassan, *Op. laud.*, t. I, p. 132.

(2) Joannis de Monte Regio *et* Georgii Purbachii *Epitome in Cl. Ptolemæi magnam compositionem.* Basileæ, apud Henricum Petrum. In fine : Per Henrichum Petrum Mense Augusto Anno MDXLIII. Lib. III, prop. XIII, pp. 56-57.

rapprochés par Peurbach, il y a cependant une différence essentielle à signaler. Ptolémée a fait décrire, au centre du déférent excentrique de Mercure, un cercle qui a pour centre le centre de l'équant, et non pas le centre du Monde. Au contraire, le cercle sur lequel Al Zarkali fait mouvoir le centre du déférent excentrique du Soleil a nécessairement pour centre le centre du Monde, puisque l'excentricité du Soleil est, par cet astronome, réputée invariable (1).

X

LES Tables Alphonsines

Qu'il soit dû à Thâbit ben Kourrah ou qu'il ait Al Zarkali pour auteur, le système que propose, pour rendre compte du mouvement des étoiles fixes, le *Liber de motu octavæ sphæræ* va jouir, auprès des astronomes du Moyen âge, de la plus grande vogue.

L'un d'entre eux, cependant, le repousse énergiquement pour lui substituer une théorie toute différente; c'est Al Bitrogi. Le disciple d'Ibn Tofaïl se borne, comme il le fait pour toutes les parties de son système, à poser les principes qui doivent, selon lui, expliquer le mouvement des étoiles fixes; mais il ne déduit pas de ces principes les conséquences détaillées qu'il serait possible de comparer aux faits observés ; il ne construit

(1) On voit que l'on aurait une idée erronée de l'opinion d'Al Zarkali si on la jugeait d'après ce qu'en dit L. Am. Sédillot (L. Am. Sédillot, *Supplément au Traité des Instruments astronomiques des Arabes*, Paris, 1844). Parlant d'un astrolabe ou *shafiah* d'Al Zarkali, cet auteur écrit (p. 36) : « On voit par cet instrument qu'Arzachel faisait tourner le centre de l'excentrique dans un petit cercle pour expliquer la différence qu'il trouvait entre l'excentricité du Soleil et celle qu'indique Albatégni... » Il dit encore (p. 191) : « Nous rappelons seulement que l'astronome de Tolède, pour expliquer la différence d'excentricité qu'il avait remarquée entre ses propres observations du Soleil et celles d'Albatégni, faisait tourner le centre de l'excentrique dans un petit cercle. »

pas de tables; aussi, les astronomes de profession passent-ils, sans s'y arrêter, devant sa doctrine trop abstraite et générale; ils ne sauraient lui accorder même une part minime de l'attention qu'ils concèdent à la théorie précise d'Al Zarkali.

Alphonse X, roi de Castille, surnommé *l'Astronome*, *le Philosophe* ou *le Sage*, apparaît, dans l'histoire, comme le type des princes auxquels un goût excessif des choses de l'esprit a fait oublier l'art de régner. Les malheureuses vicissitudes que subit son pouvoir ne l'ont pas empêché, cependant, d'exercer une influence féconde et durable sur le développement scientifique de la Chrétienté latine. Durant sa vie, Tolède devint, plus que jamais, le rendez-vous des astronomes et des traducteurs de toute race et de toute religion, chrétiens, juifs et maures; de cette source, des courants nombreux dérivaient, qui portaient aux Latins les antiques traditions de la Science hellène et les découvertes plus récentes des sages de l'Islam.

Le 3 des calendes de juin 1252, le jour même où Alphonse X succéda à son père, furent promulguées les *Tables astronomiques dressées sous les auspices du roi Alphonse*.

Ces tables étaient rédigées en cet ancien dialecte castillan que l'on nomme le romance. Les listes de nombres qui, originairement, formaient ces tables, semblent, aujourd'hui, perdues (1) ; en revanche, le texte qui accompagnait ces listes paraît conservé, sous sa forme première, en cinquante-quatre chapitres d'un manuscrit de la Bibliothèque royale de Madrid (2).

Une traduction ou une soi-disant traduction latine

(1) Alfred Wegener, *Die astronomische Werke Alfons X*. 5. Die Tafelfragmente in IV Bande der « Libros del Saber » (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. VI, 1905, p. 171).

(2) Alfred Wegener, *Op. laud.*, 6. Das kastilianische Original der Alfonsinischen Tafeln, Ibid., p. 174.

en fut donnée; par qui et en quel temps, nous ne saurions le dire. Nous verrons ultérieurement qu'elle ne paraît pas avoir été connue à Paris avant les dernières années du XIIIe siècle; mais, aussitôt connue, elle attira très vivement l'attention des astronomes qui, jusqu'au temps de Copernic et par delà ce temps, ne cessèrent plus de discuter les *Tables Alphonsines*, de les compléter, de les utiliser. Dès 1483, une édition imprimée du texte latin fut donnée (1); d'autres éditions se succédèrent en grand nombre; on en cite qui portent les dates que voici : 1487, 1488, 1490, 1492, 1518, 1521, 1524, 1534, 1545, 1553 et 1641.

Jusqu'à quel point les *Tabulæ Alfonsii* reproduisaient-elles fidèlement l'œuvre accomplie sous les ordres du Prince castillan, c'est ce que nous examinerons à la fin de ce Chapitre; elles représentent, en tous cas, ce que la Chrétienté latine a pris pour la pensée même d'Alphonse le Sage; ce sont elles, et non point le traité original composé en romance, qui ont exercé une influence puissante et durable sur le développement des doctrines astronomiques. C'est pourquoi ce sont ces tables mises en latin que nous allons étudier tout d'abord.

Les *Tables Alphonsines* nous intéressent ici par ce qu'elles ont innové en la théorie du mouvement des étoiles fixes.

Les auteurs de ces tables ont pensé que la théorie formulée en *Almageste*, et la théorie proposée par le *Liber de motu octavæ sphæræ* et par les *Tables de*

(1) Alfontii regis castellæ illustrissimi *cœlestium motuum tabulæ, necnon stellarum fixarum longitudines ac latitudines alfontii tempore ad motus veritatem mira diligentia reductæ. At primo* Joannis saxoniensis *in tabulas alfontii canones ordinati incipiunt faustissime.* Colophon : Finis tabularum astronomicarum Alfontii regis Castellæ. Impressionem quam emendatissimam Erhardus ratdolt augustensis mira sua arte et impensa foelicissimo sidere complere curavit. Anno salutis 1483 Sole in 20 gradu Cancri gradiente hoc est 4 non. Julii. Anno mundi 7681, soli deo dominanti astris Gloria.

Tolède, étaient également incapables, si on les considérait séparément l'une de l'autre, de rendre un compte satisfaisant du mouvement de la sphère étoilée; mais ils ont admis que ce mouvement pouvait être très exactement représenté si l'on adoptait simultanément les deux hypothèses.

Les astronomes du roi Alphonse supposèrent donc que la sphère des étoiles fixes était animée de trois mouvements : Le mouvement diurne ; un mouvement de rotation uniforme, d'occident en orient, autour des pôles de l'écliptique; enfin le mouvement de trépidation admis par Al Zarkali. Comme un axiome admis, au Moyen âge, par tous les physiciens, défendait d'attribuer deux mouvements différents à un même orbe, ces trois mouvements étaient départis à trois sphères distinctes ; le mouvement de trépidation appartenait seul, en propre, à la huitième sphère, à la sphère en laquelle sont enchâssées les étoiles fixes; le mouvement de rotation d'occident en orient lui était transmis par une neuvième sphère non étoilée, le mouvement diurne par une dixième sphère également privée d'astres.

Ces trois mouvements, d'ailleurs, se transmettaient aux sept sphères des astres errants, entraînant les orbes excentriques avec leurs apogées et leurs nœuds. Les *Tables Alphonsines*, en dépit des observations d'Al Zarkali, ne tenaient aucun compte du mouvement de l'apogée solaire par rapport aux étoiles fixes.

En adoptant, d'une part, le mouvement de précession continu proposé par Ptolémée, d'autre part, le mouvement de trépidation reçu par Al Zarkali, les astronomes d'Alphonse X modifiaient en un seul point les suppositions de leurs prédécesseurs. Ptolémée voulait que le mouvement de révolution des étoiles fixes fût achevé en 36 000 ans ; le *Liber de motu octavæ sphæræ* enseignait que la durée totale de l'accès et du recès était de 4171 ans et demi; les *Tables Alphon-*

sines assuraient que la période du premier mouvement est 49 000 ans et que la période du second est 7000 ans.

Il ne semble pas que la fixation de ces durées ait été la conséquence d'aucune observation précise. Un auteur du XVIe siècle, Agostino Ricci, a donné (1), de ce mode de fixation, une raison qui a ravi l'adhésion de Delambre (2) et qui paraît, en effet, fort plausible.

Agostino Ricci, né à Casale *(Civitas Casalis Sancti Evasii)*, dans le Piémont, avait été élève, à Salamanque, du Juif kabbaliste Abraham Zaccut; c'est de ce maître qu'il tenait le renseignement dont il va nous faire part.

Selon Abraham Zaccut, les *Tables Alphonsines* sont l'œuvre d'un groupe de Juifs, fort experts en Astronomie, qu'Alphonse X avait réunis à Tolède, et qui furent seulement aidés en leur tâche par quelques savants chrétiens. Ce collège d'astronomes juifs avait pour chef un certain Rabbi Isaac, qui était *hazan*, c'est-à-dire chantre principal de la synagogue de Tolède.

Rabbi Isaac et les astronomes juifs dont il dirigeait les travaux se laissèrent guider, dans le choix des périodes des deux mouvements lents qu'ils assignaient aux étoiles fixes, par les prescriptions de la loi mosaïque. Selon ces prescriptions, l'*année sabbatique* revenait tous les sept ans; une durée de sept fois sept

(1) Augustini Ritii *De motu octave sphere; Opus mathematica alque philosophia plenum, ubi tam antiquorum quam juniorum errores luce clarius demonstrantur; in quo et quamplurima platonicorum et antique magie (quam cabalam hebrei dicunt) dogmata videre licet intellectu suavissima.* Nuper in civitate Casalis Sancti Evasii sub divo Gulielmo marchione. Montisferrati editum. Item Ejusdem *Epistola de astronomie auctoribus ad magnificum dominum. Galeottum de Lareto.* Impressum in oppido Tridini... in edibus domini Ioannis de Ferrariis, alias de Jolitis, Anno nativitatis domini nostri Jesu christi, MCCCCCXIII, die X septembris. — Augustini Riccii *De motu octavæ sphæræ...* Ejusdem, *de Astronomiæ autoribus epistola.* Imprimebat Lutetiæ Simon Colinæus 1521. — Cette seconde édition, où manque la lettre sur les auteurs de l'Astronomie, a été donnée par les soins d'Oronce Fine.

(2) Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, p. 379.

ou 49 années ramenait l'*année jubilaire;* inspirés, sans doute, par l'opinion que les mouvements lents des étoiles fixes devaient régir la *grande Année*, les rabbins de Tolède voulurent que 7000 ans représentassent la période du mouvement de trépidation et que 49 000 ans mesurassent la période du mouvement de précession.

Ricci, selon l'enseignement d'Abraham Zaccut, nous affirme qu'Alphonse X ne tarda pas à rejeter et à désavouer cette partie de l'œuvre des rabbins de Tolède. En 1256, dit Ricci, le roi de Castille fit traduire en espagnol, par le Juif Rabbi Juda, le livre qu'Albuhassin (Aboul Hhassan) avait composé sur le mouvement des étoiles fixes. Dans le préambule de ce livre, il rejetait absolument l'hypothèse de l'accès et du recès, il s'en tenait à l'opinion d'Al Battâni, c'est-à-dire à l'hypothèse d'une précession régulière d'un degré en 60 ans.

Nous connaissons, d'ailleurs, par une traduction due à A.-A. Björnbo (1), ce témoignage d'Abraham Zaccut que nous avons entendu invoquer par Agostino Ricci : « Nous trouvons, dans l'ouvrage sur les étoiles fixes publié par Alphonse en son temps, quatre ans après les *Tables*, qu'il était revenu [de sa précédente opinion]; il dit, en effet, que la huitième sphère se meut sans aucun doute toujours dans le sens direct, comme Ptolémée l'a écrit. Cet ouvrage [sur les étoiles fixes] est celui-là même que Rabbi Jehuda, fils de Moïse le Cohen, a traduit pour le roi. »

Abraham Zaccut et son disciple Agostino Ricci s'accordent à nous dire qu'Alphonse X, reprenant en 1256 l'hypothèse ptoléméenne d'une précession toujours dirigée d'occident en orient, renonçait à l'opinion

(1) A.-A. Björnbo, *Hat Menelaos aus Alexandria einen Fixtern-Katalog verfasst ?* (Bibliotheca mathematica, 3e série, t. II, 1901, p. 199). Cf. A. Wegener, *Op. laud.*, p. 182.

qu'il avait professée en 1252; mais cette opinion était-elle bien celle que nous trouvons consignée en la version latine des *Tables Alphonsines?* Nullement, et il semble aujourd'hui avéré qu'elle en différait grandement.

Le texte romance des tables originales (1) les donne comme l'œuvre de deux astronomes juifs, Juda ben Moïse et Isaac ibn Sid; ce dernier est assurément le Rabbi Isaac dont parlent Abraham Zaccut et son disciple Agostino Ricci. Ces deux astronomes n'y attribuent aucunement (2) aux étoiles fixes et aux auges des astres errants deux mouvements, l'un de précession en 49 000 ans, l'autre de trépidation ou d'accès et de recès en 7000 ans; ils admettent un seul mouvement, et c'est un mouvement d'accès et de recès, *allongamiento et tornamiento;* en cela donc, le système qu'ils proposent ne diffère point de celui qui est donné au *Tractatus de motu octavæ sphæræ* et dans les *Canons* d'Al Zarkali.

En résumé, les faits qu'il est possible d'affirmer touchant l'histoire du système astronomique d'Alphonse X sont les suivants :

En 1252, les *Tables alphonsines* sont établies en attribuant aux étoiles fixes et aux apogées des astres errants un simple mouvement d'accès et de recès sans aucun mouvement de précession.

En 1256, au préambule de la traduction du *Traité des étoiles fixes* d'Aboul Hhassan, Alphonse X revient à l'hypothèse d'un mouvement de précession, toujours de même sens, et exempt de toute trépidation.

Enfin, la version latine des *Tables Alphonsines*, version dont la date et l'auteur sont également inconnus, mais qui parvint seulement aux mains des astronomes parisiens pendant les dernières années du XIIIe siècle,

(1) Alfred Wegener, *Op. laud.*, 6. Das kastilianische Original der Alfonsinischen Tafeln, p. 174.

(2) Alfred Wegener, *loc. cit.*, pp. 180-181.

admet l'existence simultanée d'un mouvement de précession, toujours dirigé d'occident en orient, dont 49 000 ans est la période, et d'un mouvement de trépidation dont la période dure 7000 ans.

A qui faut-il attribuer cette transformation essentielle du système admis en la construction des *Tables Alphonsines* originales? Elle semble bien avoir été faite du vivant d'Alphonse le Sage qui vécut à Séville jusqu'en 1284. Fut-elle accomplie sous sa direction? Fut-elle, du moins, connue de lui et eut-elle son aveu? Ce sont questions auxquelles il semble impossible, actuellement, de donner une réponse.

Peut-être est-il plus aisé de deviner les motifs qui ont entraîné l'assentiment des auteurs de cette transformation.

Chacun des deux systèmes admis jusque-là, celui de la précession et celui de la trépidation, leur semblait présenter à la fois un important avantage et un grave inconvénient.

Des observations répétées avaient prouvé que l'obliquité de l'écliptique diminuait sans cesse; ce fait s'accordait fort bien avec le système proposé au traité *De motu octavæ sphæræ*, tandis que la théorie de Ptolémée attribuait à l'écliptique et à l'équateur une position invariable.

D'autre part, le système de l'accès et du recès imposait une borne à la marche de la sphère étoilée vers l'orient; or cette borne allait être atteinte et, cependant, la vitesse de la marche directe des étoiles fixes ne tendait nullement vers zéro; visiblement, ce mouvement allait encore, pendant de longs siècles, se poursuivre d'occident en orient, comme le pensait Ptolémée.

Les astronomes devaient souhaiter qu'un système nouveau gardât à la fois tous les avantages des deux systèmes anciens, tout en évitant l'inconvénient auquel achoppait chacun d'eux. Le moyen propre à construire

un semblable système s'offrait, pour ainsi dire, de lui-même; il consistait à admettre en même temps et à composer entre elles les deux hypothèses qui, jusque-là, avaient été proposées à l'exclusion l'une de l'autre. Déjà le *Liber de elementis* attribué à Aristote composait une précession, continuellement dirigée vers l'orient, avec un mouvement d'accès et de recès ; sous l'influence de ce livre, avant de connaître les *Tables Alphonsines*, Albert le Grand admettait à la fois le mouvement de précession proposé par Ptolémée et le mouvement d'accès et de recès attribué à Thâbit ben Kourrah. Ainsi naquit, sans doute, la pensée d'attribuer aux étoiles fixes et aux apogées des planètes à la fois une précession et une trépidation.

Est-ce en la raison d'Alphonse X que germa cette idée ? Nous l'ignorons. Mais les astronomes chrétiens du Moyen âge et de la Renaissance la lui ont tous attribuée; c'est comme auteur, vrai ou supposé, des *Tabulæ regis Alfonsii* qu'il a exercé une grande influence sur le progrès des doctrines astronomiques.

PIERRE DUHEM.

L'UNITÉ DE LA DETTE PUBLIQUE

ET

LES GRANDES RÉGIES

M. le professeur Van der Smissen nous montrait naguère, dans cette Revue (1), comment l'application maladroite de la règle de l'unité du budget a conduit, en Belgique, à une situation pleine d'obscurité. Il nous faisait voir, à propos du budget des chemins de fer, tous les inconvénients de la fusion des finances de l'État-pouvoir avec celles de l'État industriel. La règle de l'unité budgétaire a été mal comprise : elle ne peut viser à réunir en un même compte les éléments les plus disparates.

Il semble que des confusions analogues ont été faites au sujet de l'unité de la dette publique. En prônant ce principe, devenu un axiome fondamental de la science des finances, les économistes ont surtout voulu éviter que l'État affecte, au service de ses emprunts, par des engagements envers certains créanciers, des ressources déterminées. Mais ils n'ont pas voulu lui interdire de distinguer, dans les documents de la comptabilité, les dettes dues à des causes publiques d'endettement et les dettes de ses régies, ni même l'empêcher de souligner cette ventilation en adoptant pour l'une et l'autre caté-

(1) *Le Budget brut, ses inconvénients et les moyens d'y parer*, Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. XXI, livraison du 20 janvier 1912, p. 88.

gorie d'emprunt, un type particulier. Les règles d'une bonne gestion financière doivent être entendues de façon assez large ; les conditions si différentes dans lesquelles les États doivent gérer leurs affaires imposent beaucoup de réserve aux théoriciens.

L'unité de la dette est une des conquêtes administratives de la Révolution ; aux engagements du Trésor se présentant sous mille formes différentes, dans une inextricable confusion, on a substitué le Grand Livre de la Dette, qui les a ramenés tous à une seule catégorie. On ne peut qu'applaudir à une mesure qui a mis fin aux emprunts occultes auxquels il devait être pourvu par des moyens particuliers. Il est indispensable que l'on connaisse exactement le montant des sommes dont l'État est redevable, et à cette fin il a paru utile de les grouper en une seule et même liste. Mais depuis que cette règle a été formulée, les attributions de l'État se sont notablement étendues ; il s'est fait fabricant, transporteur, industriel, et, dans ces différentes sphères d'activité, il s'est livré à des opérations financières absolument semblables à celles que feraient des particuliers mis dans le même cas. Dès lors, imposer à l'État l'obligation de se conformer à des règles absolument uniformes dans toute la gestion de ses finances, sans distinguer ce qui relève de l'activité de l'État-pouvoir et ce qui relève de celle de l'État industriel, c'est risquer de confondre, sous une même formule, des choses de nature très différente.

Au cours du dernier siècle la notion du crédit public a subi de profondes transformations ; jusque-là, les États n'étaient censés pouvoir recourir à l'emprunt qu'en cas de crise grave ; ils faisaient alors appel à des banques ou à la souscription publique et tâchaient d'espacer autant que possible ces coûteuses opérations. La théorie était d'accord avec la pratique pour dire que les revenus ordinaires devaient suffire à solder les

dépenses du gouvernement, et que, s'il avait été nécessaire d'effectuer une anticipation de recettes en recourant au crédit, il fallait tâcher de rembourser au plus vite les créanciers, car l'emprunt était un mal. Comme disait Sismonde de Sismondi : « les revenus étant aliénés avant que de naître, ceux qui travaillent aujourd'hui, ceux qui travailleront à l'avenir, ne doivent pas seulement créer leur subsistance, ils doivent payer les folies et les dettes de leurs prédécesseurs. » Mais depuis que l'État s'est mis à gérer d'importantes entreprises industrielles nécessitant d'énormes mises de fonds, la situation a changé du tout au tout. Quand il emprunte, maintenant, c'est souvent pour se procurer le capital nécessaire à ses exploitations. Ce n'est plus une simple anticipation de recettes qu'il demande, c'est un capital qu'il s'engage à faire fructifier. Propriétaire d'un réseau de chemins de fer, il doit sans cesse agrandir ses installations, améliorer son matériel, construire des lignes nouvelles. A cette fin il emprunte et, par suite, on ne ferme pour ainsi dire jamais le Grand Livre de la Dette.

La conséquence de cette transformation du crédit public n'a pas manqué d'un certain comique. Tous les auteurs étaient remplis de réflexions suggestives sur les dangers de l'emprunt. On comparait l'État emprunteur au jeune homme habitué à recourir aux usuriers pour mener un train de vie trop dispendieux ; on lui prédisait la gêne dans l'avenir et la banqueroute finale. Aussi a-t-on pu voir les journalistes d'opposition et les harangueurs de place publique recourir à leurs vieux manuels et reprendre pour leur compte toutes ces éloquentes condamnations sans comprendre qu'ils avaient devant eux, non plus un prince besogneux pour qui les impôts ne rentrent pas assez vite, mais un patron qui fait travailler ses capitaux. D'autre part, les gouvernements n'ont pas manqué de profiter de

leur situation de Janus à deux visages, et maintenant, chaque fois qu'ils recourent au crédit, ils montrent au public la figure affairée de l'industriel. Sous l'étiquette d'outillage économique, ils font passer au compte capital bien des dépenses dont on pourrait discuter la nature, au risque de laisser accuser notre génération de ne pas travailler avec assez d'ardeur à enrichir le patrimoine collectif de la nation.

Ainsi, d'une part, on déclare que l'emprunt est un mal et qu'il faut toujours l'éviter, d'autre part, on affirme qu'il constitue une excellente opération et qu'il faut continuer dans cette voie. C'est l'effet de ces fâcheuses généralisations qui a fait comprendre la nécessité de quelques distinctions. En formulant les règles du crédit public, les auteurs, trop souvent, se sont placés à un point de vue absolu : l'État doit emprunter de telle façon, amortir de telle autre. Il semble au contraire que ce soit la destination de l'emprunt qui doive déterminer toutes les conditions de l'opération, et non le caractère juridique du débiteur. Toutes les parties de la dette publique ne doivent pas être traitées dans le même esprit au point de vue de l'émission et de l'amortissement. C'est une vérité qu'il importe de rendre tangible.

Deux procédés sont possibles : le premier, à vrai dire, n'introduit aucune innovation grave. Il consiste simplement à tenir une comptabilité minutieuse de l'affectation de l'emprunt et, tout en n'ayant qu'un type de rente, à mettre au compte de chaque service industriel le montant des charges d'intérêts et d'amortissement dont est grevé son capital. Si vous le voulez, nous appellerons cela *la distinction des dettes*.

Mais on peut aller plus loin et adopter un second procédé que nous baptiserons *la séparation des dettes*. Il consiste à permettre aux grandes régies d'effectuer elles-mêmes leur service financier, sous le contrôle du

parlement, et d'autoriser les ministres qui les dirigent alors à émettre des titres particuliers pour subvenir à leurs besoins. Il y a, dans la gestion financière, une cloison étanche entre la dette de l'État-pouvoir et celle de l'État industriel, mais sans qu'il soit porté atteinte à l'unité juridique des engagements du Trésor.

Il nous semble assez difficile de justifier théoriquement cette séparation ; du moment que la comptabilité de l'État permet de fixer avec sûreté le chiffre du capital investi dans chaque régie, un bon ministre des finances saura quelle politique suivre. A cet égard, le système de la distinction des dettes dans les documents publics, paraît largement suffisant. La logique ne demande pas davantage. Mais en matière de finances publiques ce serait là un bien faible argument. Il peut y avoir des circonstances politiques qui commandent impérieusement de se garder de dangers particulièrement menaçants ; certaines formules peuvent sembler plus propres que d'autres à frapper les imaginations populaires et, bien que scientifiquement moins parfaites, offrir cependant plus d'avantages.

Expliquons-nous bien :

Les gouvernements démocratiques sont très exposés à abuser de l'emprunt. Soumis à de fréquentes — trop fréquentes — épreuves électorales, ils doivent satisfaire les désirs de la partie la moins éclairée de la nation, relever périodiquement tous les traitements, répartir entre les circonscriptions la manne des travaux publics, tout en évitant d'augmenter les impôts (du moins ceux frappant la masse des électeurs). La tentation est évidemment très forte de recourir de plus en plus au crédit, surtout que le contre-coup immédiat de l'endettement n'est jamais bien fort. Les partis, entraînés dans un steeple-chase de promesses, n'ont guère le temps de songer aux conséquences lointaines de leurs actes.

L'État industriel ne peut cependant se passer de l'emprunt. L'avantage de la séparation des dettes est de rendre l'opinion plus attentive aux opérations financières de l'État dans chaque sphère de son activité; il faut éviter à tout prix que dans un sens approbatif ou dans un sens de blâme on ne tranche le problème du crédit public par une solution simpliste, pleine de dangers.

Pendant tout un temps, le gouvernement français s'était mis en tête de ne plus faire d'emprunt. Excellente politique, peut-être, mais détestable procédé d'hommes d'affaires ! Il faut lire dans l'intéressant ouvrage de M. Pierre Baudin, *Le budget et le déficit*, à quels tristes résultats cette façon enfantine d'envisager le problème a abouti. La construction des lignes de chemins de fer, des ports, des téléphones s'est poursuivie avec une lenteur scandaleuse, au hasard des disponibilités du ministre des finances ; « on dirait un grand paquebot fait pour marcher à vingt nœuds et parcourir un champ interocéanique, et qui n'aurait pour se mouvoir qu'une machinerie de petit cargo-boat », nous dit le sénateur français. En 1903 M. Chapuis signalait à la Chambre que l'État, faute de crédits, avait mis plus de dix ans à construire 182 kilomètres de lignes; M. de Lavignais, en 1911, citait le cas d'un tronçon de 88 kilomètres — de Fontenay à Cholet pour être précis — dont la construction traîne depuis 29 ans. Avec de semblables procédés, l'importante ligne de Paris à Chartres ne serait pas prête avant 1930. De 1901 à 1908, le réseau de l'État n'avait disposé que d'une dotation uniforme de 10 millions, affectés confusément aux travaux complémentaires et aux achats de matériel roulant. Aussi M. Régnier, rapporteur en 1907, pouvait-il écrire que les travaux ainsi conduits « coûtent plus cher de par la durée plus longue des frais généraux, et de par les dégradations

qu'ils subissent et qui nécessitent quelquefois une réfection partielle ou totale avant la mise en exploitation. De plus ces retards rendent improductives durant de longues années les dépenses faites au début ».

On ne pourrait mieux dire. Les grandes régies ne peuvent vivre sans crédit, et si elles sont gérées avec l'idée bien arrêtée de leur faire payer leurs frais, leurs emprunts n'obéreront nullement le trésor. Pour employer un mot dont on a malheureusement trop abusé, ce sera une opération blanche. Par conséquent ce n'est pas la situation fiscale qui fera juger de l'opportunité de l'émission, mais uniquement l'étude des chances d'avenir de l'industrie que l'on veut alimenter. L'amortissement se fera, lui aussi, sous l'empire de considérations particulières. Pour un ministre des finances l'amortissement est certes un devoir, mais c'est un devoir qu'il ne peut accomplir efficacement que dans les bonnes années. Pour un ministre des chemins de fer, au contraire, l'amortissement s'impose toujours avec autant de rigueur que le paiement des intérêts, car le matériel acquis avec le capital mis à sa disposition s'use tous les jours, matériellement et industriellement ; il doit sans cesse compenser ces diminutions de valeur. Ne pas amortir équivaut pour lui, non pas à une simple suspension de l'amortissement, mais à un véritable *désamortissement*, si le lecteur veut excuser cet affreux barbarisme.

Nous reconnaissons volontiers que la confusion des emprunts industriels et autres, dans la dette publique, n'empêche nullement l'homme d'État d'assurer à chaque fraction de celle-ci le traitement qui lui convient. Mais, en gouvernement démocratique, l'homme d'État propose... et, trop souvent, la foule dispose ; elle n'est pas capable de suivre les raisonnements des financiers, tablant sur une comptabilité assez compliquée. Pour que ceux-ci aient quelque chance de faire

comprendre l'importance des mesures qu'ils défendent, ne vaudrait-il pas mieux, parfois, recourir à une combinaison moins élégante peut-être, comme la séparation des dettes, mais plus capable de souligner l'opportunité de leurs considérations? Voyez nos ménagères de village : elles ont souvent au fond d'une vieille boîte leur caisse de cuisine, dans une autre leur caisse de toilette et au fond d'un tiroir la réserve pour les menus plaisirs. Mal avisé serait le comptable qui sous prétexte de mettre fin à des méthodes désuètes viendrait leur conseiller de fondre en une seule caisse tous ces petits trésors. On ne tarderait pas à noter que l'équilibre entre les différentes catégories de dépenses aurait une tendance à se rompre. Pour les esprits simples, des méthodes empiriques, qui concrétisent les règles à suivre, donnent de meilleurs résultats que les formules savantes. C'est là une considération de fait que les chefs de nos démocraties modernes — soumises périodiquement au jugement des simples assemblées en comices — ne doivent pas perdre de vue.

La Confédération Suisse a appliqué dans toute sa rigueur le principe de la séparation des dettes. Les emprunts émis pour ses chemins de fer sont absolument distincts de ceux auxquels elle a eu recours pour subvenir à ses dépenses militaires ou autres. Aussi, dans la plupart des statistiques, la Suisse apparaît avec une dette insignifiante de 117 millions environ. Mais à côté de cela, elle garantit la dette des chemins de fer fédéraux; celle-ci, beaucoup plus considérable, s'élevait au 31 décembre 1910 à 1 363 818 350 francs. Mais tout le service de cette dette est effectué, non par le département fédéral des finances, mais par les bureaux de la direction générale des chemins de fer. On sait qu'en Suisse l'administration des chemins de

fer a reçu la plus large autonomie administrative et financière; son budget et son compte sont absolument distincts du budget et du compte de la Confédération, et la Direction Générale des chemins de fer constitue vraiment un pouvoir à part, agissant sous le contrôle suprême du Conseil et de l'Assemblée fédérale. Nous avons esquissé ailleurs l'organisation financière de cette vaste régie (1). Nous voulons seulement donner ici quelques détails complémentaires sur la formation de son capital.

Le tableau de la dette consolidée des chemins de fer, tel qu'il apparaît dans les rapports annuels, nous montre que celle-ci n'est pas composée de façon uniforme. Au moment du rachat, les chemins de fer fédéraux ont repris à leur charge le service d'un grand nombre d'obligations des anciennes compagnies : 4 °/₀ Central Suisse, Nord-Est, Union, 3 1/2 °/₀ des mêmes sociétés, 3 1/2 °/₀ Jura Simplon, St-Gothard. En outre ils ont émis des titres particuliers en 3 °/₀, en 3 °/₀ différé et en 3 1/2 °/₀. La majeure partie des obligations 4 °/₀ a fait l'objet de conversions; mais dans cette voie il a fallu opérer, avec prudence, car les rentiers suisses ne voulant pas accepter de réduction d'intérêt, les nouveaux emprunts ont été presqu'entièrement placés à l'étranger. L'épargne française est intervenue très largement, les opérations financières du rachat ayant coïncidé avec le premier mouvement d'exode des capitaux chez nos voisins du Sud.

Les obligations des chemins de fer fédéraux sont des titres de rente en perpétuel; celles des compagnies sont remboursables soit par tirage au sort, soit à échéance fixe; ainsi en 1910 il en a été remboursé pour plus d'un million et demi de francs. Mais la loi de

(1) Voir les *Méthodes budgétaires d'une Démocratie*, chap. V et VI, Bruxelles, Larcier, 1912.

rachat ayant ordonné l'amortissement des emprunts en 60 ans, et le gouvernement semblant disposé à exécuter fidèlement la loi, on voit que le mot perpétuel ne doit pas être pris dans un sens rigoureux. Si l'on n'a pas recouru au type des obligations amortissables par tirage, comme le fait la Confédération pour sa dette proprement dite, c'est sans doute pour laisser plus de liberté à la Trésorerie.

En choisissant le type de leurs titres, les chemins de fer fédéraux ont suivi d'assez près les fluctuations du loyer de l'argent. Le 3 1/2 parut d'abord le plus opportun. De 1899 à 1902 il en fut émis pour un demi milliard. Placé avec difficulté au début, il fut fort demandé à partir de 1901. En 1903 le Conseil fédéral obtint l'autorisation de négocier du 3 %; mais il dut se contenter d'un 3 % différé 1911-1917 à 97. En 1910 on revint au type 3 1/2 %.

Cette liberté d'allures permet à la régie d'emprunter aussi près que possible du pair, ce que tous les économistes considèrent comme de la plus haute importance. Est-il besoin de rappeler à cet égard les lumineuses démonstrations de M. Paul Leroy Beaulieu dans son traité de la Science des finances? Il montre que l'accroissement formidable des dettes publiques tient, en grande partie, à l'oubli de cette règle. Songe-t-on que 20 millions émis à 85 produisent déjà un déchet de 3 millions dont il faudra payer les intérêts et l'amortissement? Organisés sur le pied d'une entreprise industrielle, les chemins de fer fédéraux se sont gardés de verser dans cette erreur. La loi de comptabilité du 27 mars 1896 qui règle leur organisation financière tout autant que celle des compagnies privées, leur prescrit d'amortir les pertes subies sur les cours. Les articles 4 et 9 leur interdisent formellement d'en débiter le compte capital. Elles doivent figurer, comme les installations disparues, à un compte spécial,

dépenses à amortir, qui est liquidé par des prélèvements sur les bénéfices annuels. Si au moment même du rachat on est parvenu à éluder quelque peu ces prescriptions, elles semblent strictement observées maintenant que la machine est mise en mouvement. Nous voyons, par exemple, que l'on porte à ce compte, en 1909, une perte de six millions due à l'émission de quatre-vingts millions de francs d'obligations 3 1/2 à 94,50 plus 2 °/₀ de timbre français, l'émission ayant été faite à Paris. On y porte également les frais de fabrication de titres, etc. L'amortissement de ces dépenses est effectué par annuités. Nous relevons dans le compte de 1910 la mention suivante :

7e	annuité	sur pertes de cours et frais d'émission du 3 °/₀ différé					fr.	116.495
4e	»	»	»	»	»	3 1/2 1899-02	»	59.760
3e	»	»	»	des bons de caisse émis en 1908			»	85.000

On nous dit en outre que les amortissements de ce genre se sont élevés, depuis 1902, à la somme notable de 4 745 220 francs, malgré les années difficiles d'un nouveau régime.

Il nous paraît que la séparation des dettes est de nature à faire plus facilement accepter par l'opinion publique ces dépenses assez élevées, mais indispensables pour la bonne gestion d'une affaire.

La France, en s'engageant par le rachat de l'Ouest, dans les voies de l'Étatisme, a dû résoudre les problèmes sociaux et financiers que soulève nécessairement cette politique. Elle a été acculée à trouver un moyen efficace pour alimenter le compte du premier établissement de son réseau. Comme nous l'avons dit, impossible pour elle de ne pas recourir au crédit.

L'absurde système suivi jusque-là dénonçait d'une façon trop manifeste les inconvénients qui devaient en

résulter. Le 13 novembre 1900, M. Caillaux, le futur président du Conseil, signalait à M. Rouvier l'importance de la question ; l'État, « quand il fait des opérations industrielles, doit agir comme un industriel, c'est-à-dire porter à un compte capital les dépenses de capital et ne pas s'obstiner à les faire sur ses revenus normaux » ; la commission du budget de 1902 insista sur cette nécessité et préconisa nettement l'émission d'obligations spéciales ; c'est l'idée que reprit M. Chapuis, rapporteur du budget des travaux publics pour 1903 ; la discussion du budget de 1904 souligna davantage encore l'urgence de recourir à des méthodes nouvelles ; en guise de conclusion le ministre affirma « que la situation ne peut pas durer et qu'il faut, ou renoncer au réseau d'État, ce à quoi nul ne pense, ou qu'il faut le doter de crédits qui lui permettent de vivre et de se développer ».

Le 6 novembre 1906, le Gouvernement instituait une commission extra parlementaire pour l'étude de l'organisation financière et administrative du réseau et le 28 janvier 1907 déposait un projet de loi (1).

M. Marcel Regnier déposa sur le bureau de la Chambre des députés un volumineux rapport à la séance du 22 mars 1907.

Après une très intéressante étude de l'organisation des réseaux étrangers, il conclut d'une façon catégorique à la nécessité d'une autonomie administrative et financière adaptée à la constitution politique de la France, s'il n'ose préconiser une solution aussi radicale que celle adoptée en Suisse, il déclare hautement que le moment est venu d'en finir avec la fusion du budget des chemins de fer et du budget général ; l'exemple de l'Allemagne et de la Belgique, et ceux de

(1) Des commissions analogues ont été nommées pour étudier l'autonomie de la régie des poudres et salpêtres et celle des manufactures de Sèvres et des Gobelins.

l'ancien réseau de l'État ont, d'après lui, suffisamment prouvé les dangers du système.

Pour trouver les capitaux indispensables à l'exécution des travaux en cours, trois modes étaient possibles. On pouvait recourir à un emprunt à la Caisse des Dépôts et Consignations; mais cela ne semblait guère avoir le caractère d'une solution définitive du problème; on pouvait attendre les avances des villes et des départements intéressés, comme pour la construction des téléphones; on pouvait enfin recourir directement au crédit public. C'est cette dernière solution que prévoyait le projet de loi à ses articles 4 et 5. Le Ministre des finances recevait l'autorisation d'émettre pour un montant à déterminer par les Chambres des obligations amortissables en cinquante ans; la charge créée par ces emprunts devait être inscrite au budget du réseau.

Ce projet de loi, dont le vote paraissait cependant urgent, dormit longtemps dans les cartons de la Chambre. Les cartons de nos assemblées représentatives semblent être devenus jaloux de ceux, déjà légendaires, de l'Administration. Une loi du 13 juillet 1908 décida du rachat de l'Ouest, et quant à l'organisation de la nouvelle régie, elle se borna à renvoyer aux dispositions de celle qui n'était pas encore élaborée. Le 30 juin 1910, M. Millerand, ministre des travaux publics et M. Cochery, ministre des finances, déposèrent un nouveau projet d'organisation administrative et financière des chemins de fer. Sa discussion fut incorporée à celle du budget de 1911.

Les dispositions de ce projet relativement à la création d'obligations spéciales furent les mêmes que celles du projet précédent, amendées par la commission compétente, sauf qu'il fut spécifié que l'amortissement devait être complètement effectué en 1956. L'annuité nécessaire pour assurer l'extinction de dix millions de

francs d'obligations passait ainsi de 388 000 frs à 458 000. La date de 1956 était choisie pour faciliter la comparaison de la gestion de l'État avec celle des compagnies. « Mais par ce motif même, disait l'exposé du ministre, il doit être expressément entendu que si le régime financier des emprunts des compagnies vient à être modifié... cette même modification sera apportée aux conditions des emprunts des chemins de fer de l'État. » Comme précédemment, toutes les charges du réseau, charges d'exploitation et charges financières, seront inscrites au budget spécial du réseau. Cette inscription, disait le Gouvernement « est non seulement conforme à la vérité de la situation financière, elle est encore indispensable pour constituer un frein à des entraînements susceptibles de compromettre la gestion du réseau ». Si ces propositions étaient basées sur l'assimilation des chemins de fer de l'État à ceux des compagnies, il manquait, à vrai dire, la détermination précise des dépenses qui pouvaient être mises au débit du compte capital. A cet égard, l'État s'est montré extrêmement large dans les débuts, et pour cause (1). La commission du budget, dans une intention louable, voulut parer à ce danger en insérant dans la loi l'énumération restrictive des dépenses dites de premier établissement, d'après les règlements de 1843-1848 sur les justifications financières exigées des grandes compagnies, d'après les conventions de 1883 et d'après la jurisprudence du Conseil d'État. Le gouvernement compléta ces amendements en exigeant la mise sur l'emprunt des dépenses exceptionnelles de mise en état du matériel et de celles nécessitées par la reconstitution des réserves de la défunte compagnie, absorbées dans l'actif lors du rachat.

(1) Voir REVUE POLITIQUE ET PARLEMENTAIRE, *Chronique des transports*, par M. Colson, février 1912.

Mais la commission se sépara du gouvernement sur un point important du projet ; elle ne voulut pas, pour la seule raison de faciliter les comparaisons, obliger l'État à amortir ses obligations à la date du 31 décembre 1956. Les dates d'échéance des obligations des compagnies, disait le rapporteur général du budget, M. Klotz, s'échelonnent de 1951 à 1975, le régime du réseau de l'État doit être un régime définitif. Pourquoi y insérer une clause d'un caractère temporaire? On renonçait ainsi à l'espoir de voir le réseau libre de toutes charges financières vers le milieu du siècle. M. Leroy Beaulieu condamna sévèrement ce « gaspillage de la nue propriété des chemins de fer », craignant qu'on n'étende la tolérance aux compagnies, mais le gouvernement se rallia quand même au vœu de la Commission.

A la Chambre la question de l'emprunt spécial ne fut pas beaucoup discutée ; le début, tout rempli d'allusions politiques, avait lieu entre « rachatistes » et « antirachatistes » et les vues générales de chaque parti dominaient le langage des orateurs. Il y eut deux discussions, l'une sur l'autonomie financière, l'autre, beaucoup plus étendue, sur l'autonomie administrative, s'entremêlant avec la discussion de la loi des finances. Cette méthode souleva des protestations ; on prétendit qu'elle n'était pas logique, et qu'au lieu de brusquer ainsi le Parlement, il aurait mieux valu recourir, pendant un an encore, aux emprunts à court terme ou aux obligations sexennaires. S'il est vrai que l'adjonction budgétaire était un peu forte, il faut reconnaître que pour faire franchir à un projet l'obstacle législatif — c'est ainsi que l'on commence à appeler l'intervention des assemblées délibérantes dans l'élaboration des lois — il n'y a pas d'autre mode que de brusquer quelque peu les honorables. Le ministre, c'était M. Klotz à ce moment-là, voulait, en outre, régula-

riser définitivement le recours à l'emprunt pour les dépenses de capital, car sans cela, disait-il le 9 février, « il faudra recourir aux ressources générales du budget, et par conséquent, ouvrir le déficit ou créer de nouveaux impôts ».

Le 10 février la Chambre discuta la nature des obligations nouvelles. Il fut entendu qu'elles n'auraient pas pour gage le revenu net de l'exploitation, mais qu'elles seraient, comme les autres titres de rente, les titres de l'État français et assimilés juridiquement à la rente perpétuelle. Quant à l'amortissement, on reconnut qu'il était inutile et onéreux de tabler sur la date extrême de 1956; mais M. Sibille, par contre, craignant que l'amortissement en 60 ans, année par année, n'aboutisse à créer en bourse trop de catégories différentes de titres, déposa un amendement ainsi conçu :

« Ces obligations seront émises au fur et à mesure des besoins des chemins de fer de l'État, elles seront remboursables par tirages au sort en 60 années, à partir de la première émission. Lorsque la durée de l'amortissement deviendra inférieure à 40 ans, il sera créé une autre série d'obligations remboursables en 60 ans à partir de la première émission de cette nouvelle série. Le droit de remboursement au pair, par anticipation, à quelqu'époque que ce soit, sera toujours réservé. » Ainsi de 1911 à 1932 il serait créé des obligations remboursables en 1971; en 1932 on commencerait une nouvelle série remboursable en 1994.

Le ministre se déclara tout à fait d'accord avec M. Sibille et trouva même l'amendement inutile, promettant d'interpréter dans ce sens le texte primitif : « On créera de grandes tranches qui pourront grouper les émissions de quinze années, dit-il, mais pas davantage, de façon que le délai d'amortissement ne soit pas trop raccourci. » Il était d'avis que le trésor garde toute sa liberté concernant le nombre d'obligations à

amortir chaque année. M. Berteaux s'opposa à cette dernière proposition et réclama l'inscription sur les titres mêmes du tableau d'amortissement.

Il fut entendu que le trésor pourrait faire à la régie les avances nécessaires, sur la dette flottante, et que les fonds libres, provenant des émissions d'obligations, seraient versés à un compte spécial productif d'intérêts.

La discussion au Sénat porta surtout sur l'organisation administrative et la responsabilité ministérielle. Elle offrit un très vif intérêt. La commission du Sénat, en un texte qui fut de nouveau remanié par la Chambre des députés, compléta la liste des dépenses qui pouvaient être mises au compte capital; elle décida également que le budget annexe des chemins de fer serait composé de deux sections, budget ordinaire et budget extraordinaire où apparaîtrait en recettes le produit des émissions d'obligations. Sur ces points la Chambre accéda aux désirs de la Haute Assemblée.

Au cours de la discussion au Sénat, M. Pierre Baudin qui bataillait depuis longtemps pour l'organisation industrielle des régies ne put s'empêcher de pousser un cri de triomphe. Parlant de l'avantage de permettre aux chemins de fer de recourir au crédit, il disait : « Vous lui permettez d'émettre des titres, d'avoir un compte spécial d'exploitation, un compte de premier établissement; vous le dégagez de la précarité de la forme annuelle de nos budgets, vous lui permettez d'envisager une exploitation à long terme et d'étendre ses volontés sur un grand nombre d'années. Vous le libérez de cette servitude qui, hélas, pèse sur un si grand nombre de nos services d'État et qui nous empêche de faire face aux nécessités les plus élémentaires quand il s'agit de compléter l'outillage public et de doter le ministre des travaux publics d'un supplé-

ment de crédit pour assurer le développement économique du pays. »

On ne saurait mieux souligner les avantages du crédit; mais à côté des avantages il faut en voir les dangers. Et c'est ici que la séparation des dettes apparaît, ainsi que nous l'avons dit plus haut, comme une garantie pratique. L'opportunité de l'émission et de l'amortissement d'un emprunt industriel dépend tellement de circonstances spéciales qu'il est utile de marquer aux yeux de tous les différences qui séparent ces opérations de celles de l'État-pouvoir. Si, comme le dit très bien l'économiste américain Adams dans son *Traité de la science des finances,* le créancier n'a guère d'intérêt à une classification de ce genre, il n'en est pas de même du débiteur, en l'espèce le gouvernement, car l'opportunité de ces emprunts « rentre sous l'empire de considérations qui ne peuvent être jugées qu'à la lumière de comptes tenus selon des « business principles » (1). Et c'est cela qu'il importe de mettre en lumière.

Les avocats qui remplissent les parlements sont portés à régler ces questions d'après la nature juridique des titres à émettre. Ils admettent difficilement que l'on puisse distinguer entre deux dettes ayant même gage et même débiteur ; mais ici, comme en toute matière de gouvernement, il importe peu que la solution adoptée soit conforme aux vues systématiques de théoriciens qui veulent soumettre à l'empire de quelques syllogismes toute la science politique. Combien n'est pas expressif, à ce point de vue, ce petit dialogue relevé dans la discussion de l'autonomie des chemins de fer, au Sénat français !

M. Jenouvrier. « Que M. Pierre Baudin me permette de le lui dire; il n'a pas raisonné en jurisconsulte, et je vais vous le démontrer...

(1) Voir Adams, *Science of finance*, pp. 533 et suiv.

Un sénateur à droite. « Il a raisonné en homme de bon sens. »

L'antithèse est fâcheuse, mais qui oserait dire qu'elle n'a pas souvent un fond d'exactitude?

L'influence que les régies peuvent avoir sur le crédit public est trop grave pour ne pas attirer l'attention. En ces temps de déclamation creuse il faut tâcher d'organiser la comptabilité de l'État de façon à donner le plus de force possible à l'éloquence des chiffres. La *distinction des dettes,* dans la comptabilité, nous paraît s'imposer partout, pour de seules raisons de sincérité financière. Nous n'attribuons à la *séparation des dettes* que des avantages psychologiques ; mais au XXe siècle, c'est là un facteur que l'on ne peut en aucune façon négliger ; en démocratie la Science des finances ne peut ignorer la psychologie des foules ; elle lui est soumise tout comme le Droit public ou le Droit pénal. Il ne s'agit pas de tracer des règles idéales qu'appliqueront des savants dans le silence de leur cabinet d'étude ; il s'agit de sauvegarder la richesse publique contre les mauvais bergers qui vont clamer dans les meetings, et de justifier, aux yeux de tous, une sage politique financière devant les électeurs. Il faut donc rechercher les procédés qui frappent l'imagination, qui dispensent l'orateur des distinctions et sous-distinctions ardues à saisir. La *séparation des dettes* met les points sur les i ; elle facilite la besogne à celui qui veut prouver que l'amortissement n'est pas une charge inutile, inventée pour le plaisir des capitalistes ; elle rend tangible la distinction à faire entre la dette publique proprement dite et la dette industrielle. Ce sont là en sa faveur des titres qu'on ne peut dédaigner dans un pays de suffrage universel.

Cte Louis de Lichtervelde.

LA VALENCE CHIMIQUE [1]

(Suite)

CHAPITRE III

PARTIE SYSTÉMATIQUE

§ I. *La Valence du Carbone*

En raison du nombre de composés qu'il forme et de leur importance, le carbone mérite une place spéciale dans l'exposé des doctrines de la valence.

La tétravalence du carbone a été mise en lumière dans les travaux fondamentaux de Kékulé (2) et Couper (3). Voici comment s'exprime Kékulé : « Si l'on considère ses combinaisons les plus simples, on constate que la plus petite quantité de carbone connue du chimiste, c'est-à-dire son atome, s'associe toujours à quatre atomes d'un élément monovalent, ou à deux atomes d'un élément bivalent : en général, la somme des unités d'action chimiques mises en œuvre par l'atome de carbone, est égale à quatre ».

Kolbe (4) et Frankland (5) réclamèrent la priorité

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, pp. 125-163, et 20 avril 1912, pp. 511-539.
(2) Ann. chem., 101, 200 ; 104, 129.
(3) C. R., 46, 1157.
(4) J. prakt. chem., 23, 366.
(5) Proc. roy. Soc., 14, 198.

de cette découverte. Quoi qu'il en soit, c'est à Kékulé que l'on doit d'en avoir fait ressortir le premier la grande importance (1).

Le carbone est un élément de valence très constante. Il est tétravalent aussi bien vis-à-vis de l'oxygène que de l'hydrogène, ce qui n'est pas, en général, le cas pour les autres éléments. Cette propriété est bien en rapport avec la place que lui assigne Mendeleef dans son système périodique : premier membre de la série médiane, on devait s'attendre à ce qu'il puisse se combiner avec tous les éléments quel que soit leur caractère électrochimique.

Si la tétravalence du carbone est bien établie, cela n'implique cependant pas qu'il ne puisse fonctionner aussi avec d'autres valences.

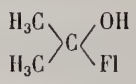
Pour Kékulé, la tétravalence du carbone est une propriété fondamentale de l'atome, aussi invariable que le poids atomique lui-même. Mais depuis le temps où Kékulé parlait ainsi, *dogmatisait* pour employer l'expression de Kolbe, les faits expérimentaux se sont accrus, et les idées sur la valence ont dû se modifier parallèlement. Examinons les faits principaux :

Une valence plus élevée que quatre n'a été discutée que dans fort peu de cas et n'a jamais été admise.

Landolph (2) a obtenu dans l'action du trifluorure de Bore sur l'acétone, un fluoboracétone qui, détruit par l'eau, fournit les composés :

$$C_3 H_6 O H Fl \text{ et } C_3 H_6 O 2H Fl.$$

Pour expliquer la structure de ces composés, il admet l'hexavalence du carbone. Rien n'est plus douteux ni plus arbitraire ; des hypothèses plus simples peuvent expliquer aisément cette structure. Ainsi Hinrichsen (3) admet la formation d'un groupe hydroxyle :



(1) Voir Ladenbourg, *Leçons sur le développement de la chimie*. Voir aussi Rau, J. prakt. Chem., 20, 209.

(2) C. R., 86, 1463.

(3) *Gegenw. Standt der Valenzlehre*, p. 61.

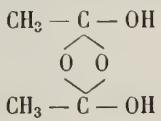
Friend (1) admet la tétra-atomicité de l'oxygène et la tri-atomicité du fluor dont on connaît de multiples exemples à l'heure actuelle.

On connaît d'autre part de nombreux composés plurihalogénés où le carbone, à première vue, semble fonctionner avec une valence très élevée : leur structure cependant s'explique fort bien par la pluri-valence des atomes d'halogène.

On sait depuis longtemps que l'acide acétique forme des molécules associées et que même la densité de vapeur correspond à la formule

$$(C_2H_4O_2)_2$$

On a cru y voir l'indice d'une valence plus élevée que 4 ; la formule de V. Meyer (2) cependant explique bien la constitution sans introduire d'hypothèse nouvelle :



En ce qui concerne une valence inférieure à quatre, le matériel expérimental est plus fourni, les théories dès lors plus nombreuses et les hypothèses plus hardies.

Il y a lieu de s'arrêter d'abord à l'hypothèse du carbone trivalent, qui se rapporte à la découverte du triphényl-méthyle par Gomberg en 1900.

Comberg (3) a montré que si l'on traite, par la poudre de zinc, le chlorure, le bromure ou l'iodure de triphényl-méthane en solution dans le benzène, on obtient un corps qui renferme un atome d'halogène en moins que le point de départ et qui peut donc s'appeler triphényl-méthyle :

$$(C_6H_5)_3\,C - Cl \longrightarrow (C_6H_5)_3 \equiv C$$

Ce corps forme de petits cristaux incolores qui, à la longue, jaunissent et donnent d'ailleurs une couleur jaune dans tous les dissolvants.

Ce composé est éminemment réactionnel.

Sous l'influence de l'oxygène de l'air, il forme un peroxyde :

$$(C_6H_5)_3\,C - O - O - C(C_6H_5)_3$$

L'acide sulfurique le transforme aisément en triphényl-carbinol.

$$(C_6H_5)_3 \equiv C - OH.$$

(1) *Theory of valency*, p. 45.
(2) *Lehrb. der org. chem.*, I, 321.
(3) Ber., 33, 3150.

Les halogènes le transforment en composés saturés correspondants, dérivés du triphényl-méthane.

$$(C_6H_5)_3\,C - X.$$

De même le benzène, l'éther, des composés halogènés métalliques tels que $Al\,Cl_3$, $Sn\,Cl_4$, $Sb\,Cl_5$.... etc. s'y ajoutent facilement.

En un mot le triphényl-méthyle présente toutes les propriétés d'un dérivé non saturé, si bien que l'on crut devoir admettre l'existence, à l'état de liberté, du radical $(C_6H_5)_3\,C$. On avait ainsi un exemple de carbone trivalent.

En réalité, dès l'origine, les expériences sur la grandeur moléculaire de ce composé se trouvaient en opposition avec cette manière de voir ; en solution, on avait toujours trouvé un poids moléculaire double, ce qui devait amener à considérer cet hydrocarbure si réactionnel comme l'hexaphényl-éthane :

$$(C_6H_5)_3\,C - C\,(C_6H_5)_3.$$

Ullmann et Borsum (1) cherchèrent à préparer l'hexaphényl-éthane par la réduction du triphényl-carbinol :

$$2(C_6H_5)_3COH + H_2 = 2H_2O + (C_6H_5)_3C - C(C_6H_5)_3. -$$

Le composé qu'ils obtinrent était bien différent, par l'ensemble de ses propriétés physiques et chimiques, du produit de réduction du chloro-triphényl-méthane. Mais les travaux ultérieurs de Tschitschibabin (2) montrèrent que la combinaison de Ullmann et Borsum était le benzhydryl-tétraphénylméthane.

$$(C_6H_5)_3C - C_6H_4 - CH(C_6H_5)_2.$$

En 1903, Heintschel (3) propose de considérer la triphényl-méthyle comme un dérivé du chinol

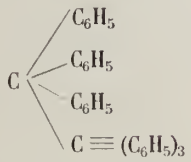
Le groupe méthyle et le groupe hydroxyle y sont assez labiles et peuvent ainsi facilement donner lieu à des migrations dans le chaînon benzénique.

Jacobson (4) se range à l'idée de Heintschel et donne au triphényl-méthyle la formule bimoléculaire

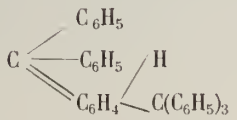
où les deux groupes H et $C\,(C_6H_5)_3$ peuvent modifier leur position et donner ainsi soit le triphényl-méthyle de Gomberg, soit le benzhydrol tétraphényl-méthane obtenu par Ullmann et Borsum.

(1) Ber., 35, 2877.
(2) Ber., 37, 4709 ; 40, 367 ; 41, 2421.
(3) Ber., 36, 320 et 579.
(4) Ber., 38, 196.

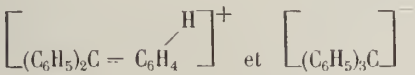
Gomberg (1) se rallie partiellement à cette manière de voir, mais il admet deux variétés : la variété incolore, à laquelle il donne la formule benzénique



et la variété jaune à laquelle il donne la formule chinolique



Cette variété possède dans certains dissolvants une conductivité électrique considérable, qui augmente avec la dilution. Gomberg admet qu'elle y est dissociée en deux ions



C'est à ce dernier ion que sont dues les réactions caractéristiques du triphényl-méthyle.

Tschitschibabin (2) et Bayer (3) se prononcent contre cette manière de voir : il serait trop long de développer leur théorie. Disons seulement qu'ils admettent comme très probable que le triphényl-méthyle ne représente pas un cas de trivalence du carbone, et que ses réactions caractéristiques sont les réactions d'un ion.

Les travaux sur les dérivés du triphényl-méthyle et les composés analogues nous ont encore apporté une conception nouvelle : Bayer (4) a appelé dérivés du carbonium, les composés qui ont la constitution d'un éther mais qui ont les propriétés des sels, notamment la propriété de la dissociation électrolytiqne. En général on n'établit pas de différence entre les valences ionisantes ou non : mais comme dans le cas des dérivés

(1) Ber., 40, 1847.
(2) Ber., 40, 3056.
(3) Ber., 40, 3083.
(4) Ber., 38, 570.

carbonés c'est un fait assez rare, il semble utile de lui donner un nom spécial, par exemple valence carbonium, et de le représenter ainsi ~~.

On peut citer comme exemple :

$$(C_6H_5)_3\,C - Cl + Sn\,Cl_4 = (C_6H_5)_3\,C \sim\sim Cl\,Sn\,Cl_4 -$$

Non seulement les dérivés du triphényl-méthane peuvent présenter une valence carbonium, mais il en est de même pour le dicynaményl-chlor-méthyle, le diphényl-chlor-méthyle, le phényl-cinamyl-chlor-méthyl, etc.

Nous arrivons maintenant à la discussion de la bivalence du carbone, et en même temps aux théories des dérivés non saturés.

On reconnut bientôt que l'on ne pouvait obtenir des dérivés non saturés de la chimie organique que pour les composés à plus d'un atome de carbone : toutes les recherches pour isoler le méthylène avaient conduit à l'obtention du terme homologue, l'éthylène : la conclusion que l'on en tira c'est que l'atome de carbone ne pouvait pas exister avec des valences libres, mais que celles-ci se saturaient mutuellement aux dépens de deux atomes de carbone voisins.

A l'heure actuelle cependant il semble que l'on soit forcé d'admettre que le carbone peut être fonctionnellement bivalent. En réalité, on n'est pas parvenu à isoler le méthylène, mais, à la suite des travaux de Nef, Gattermann et Scholl, il y a lieu de considérer toute une classe de composés comme dérivés du carbone bivalent ; cette conception nouvelle est mieux en harmonie avec l'ensemble de leurs propriétés.

Un examen très bref des travaux de Nef qui se rapportent à la valence, s'impose ici.

Nef, que Henrich (1) appelle avec raison le type du révolutionnaire scientifique, s'attaque d'abord à deux principes fondamentaux de la chimie organique : la tétravalence constante du carbone et le principe de substitution dans les transformations chimiques. Pour Nef (2), la valence du carbone est variable : c'est la base de son système. Il attache de plus une grande importance aux processus d'addition dans les réactions de la chimie organique.

Nef montre qu'un grand nombre de corps de la chimie organique renferment un atome de carbone bivalent. L'oxyde de carbone, souvent considéré comme une exception, ne l'est en aucune façon : c'est un fait qui se retrouve bien souvent. L'acide cyanhydrique, les isonitriles alkyles et aryles, l'acide fulminique et ses sels, de nombreux dérivés mono- et bisubstitués acétylèniques renferment un atome de carbone bivalent ; toutes ces combinaisons appartiennent à la grande classe des composés non saturés ; ils manifestent leur activité chimique spécialement par le fait d'attirer d'autres composés en formant, suivant un processus d'addition, des corps nouveaux où le carbone est tétravalent.

D'après Nef, une molécule peut renfermer un atome de carbone avec deux valences latentes :

$$R - N = C \text{ ou } R - N = C - .$$

Ce composé, comme les systèmes qui renferment des atomes de carbone doublement ou triplement liés, ne peut manifester aucune activité chimique : il n'en possède que par le fait qu'il existe une petite quantité de molécules à affinités libres :

$$R - N = C =$$

Il y a équilibre dynamique entre les deux sortes de molécules et la vitesse des réactions d'addition est proportionnelle au pourcentage des molécules dissociées.

Soit un des exemples invoqués par Nef : l'addition des hydracides halogénés aux isonitriles. En raison de leur grande facilité d'addition aux hydracides halogénés, Gauthier (3), le créateur de cette classe de corps, les avait nommés carbylamines ; il avait admis qu'ils étaient de nature basique et que l'addition des hydracides se faisait de la même façon qu'avec la méthyl-amine :

$$R - NH_2 + HCl = R - \underset{H \quad Cl}{\widehat{NH_2}}$$

$$R - N = C + HCl = R - \underset{H \quad Cl}{\widehat{N}} = C$$

Pour Nef au contraire l'addition se fait à l'atome de carbone bivalent :

(1) *Neuere Anschauungen auf. dem Gebiete der org. Chemie*, p. 239. On trouvera là un excellent résumé des idées théoriques de Nef.

(2) Journ. of the Amer. chem. soc., 26, 1549 ; 30, 645.

(3) Ann. chim. et Phys., (4) 17, 205.

$$R - N = C = + HX = R - N = C \begin{cases} H \\ X \end{cases}$$

$$R - N = C = + \begin{matrix} H \\ X \end{matrix} \Big\rangle C = NR \qquad = R - N = C \begin{cases} X \\ CHNR \end{cases}$$

La propriété caractéristique de ces produits d'addition, est leur très bas point de dissociation : le carbone tétravalent, en effet, ne peut retenir, au-dessus d'une certaine température, les groupements auxquels il s'est combiné ; et cette température dépassée, il y a rétrogradation vers l'état bivalent ; il existe ainsi un équilibre dynamique entre le carbone bi- et tétravalent.

Pour les isonitriles, les produits d'addition sont très instables et dès lors difficilement isolables ; en général, ils forment des produits de polymérisation. Nef attribue à ce phénomène une grande importance et y voit la même cause que celle qui empêche la production de méthylène ; celui-ci pourtant existe à l'état de liberté mais en très petite quantité dans

$$CH_4,\ CH_3 - OH,\ CH_3 - Cl,\ \text{etc...}$$

Gattermann (1) admet comme Nef la bivalence du carbone dans l'acide cyanhydrique et ses dérivés. Il a réussi à préparer les aldéhydes aromatiques par une modification de la réaction de Friedel et Crafts, en employant un mélange d'oxyde de carbone et d'acide chlorhydrique. Celui-ci se comporte comme le chlorure de formyle $HC \begin{cases} O \\ Cl \end{cases}$ et donne avec du benzène, en présence de chlorure d'aluminium, de l'aldéhyde benzoïque :

$$C_6H_6 + HC \begin{cases} O \\ Cl \end{cases} = HCl + C_6H_5COH$$

De la même façon, avec le mélange d'acide cyanhydrique et d'acide chlorhydrique, il obtient la réaction que voici :

$$C_6H_6 + HCl + C = N - H = C_6H_5 - CNH_2HCl -$$

On peut se baser sur l'analogie des deux réactions pour assigner au mélange équimoléculaire d'acides chlorhydrique et cyanhydrique la formule $\begin{matrix} Cl \\ H \end{matrix} \Big\rangle C = NH$, et admettre ainsi la bivalence du carbone dans l'acide cyanhydrique.

Scholl (2) trouve la même réaction pour l'acide fulminique. On peut donc considérer l'acide cyanhydrique et l'acide fulminique comme l'imide et l'oxime du carbone : il y fonctionne comme élément bivalent.

(1) Ber., 31, 1149.
(2) Ber., 32, 3492 ; 33, 51.

Michael (1) cependant trouve les arguments expérimentaux en raison desquels il considère l'acide cyanhydrique comme répondant à la formule HCN, l'acide cyanique devant avoir en solution et à l'état gazeux la constitution de l'imide de l'oxyde de carbone HN = CO.

G. Schroeter (2), dans un travail récent sur une série de phénomènes d'isomérisation, arrive à la conclusion qu'il se forme souvent des produits intermédiaires où le carbone est bivalent, l'azote parfois monovalent. Voici, par exemple, le schéma qu'il propose pour la formation des isonitriles :

$$a)\ R-NH_2 + CHCl_3 \longrightarrow R-N=C\begin{cases} H \\ Cl \end{cases} \longrightarrow R-N=C$$

$$b)\ RJ + N=C-Ag \longrightarrow R-N=C\begin{cases} Ag \\ J \end{cases} \longrightarrow R-N=C$$

Passons à l'étude des dérivés non saturés du carbone. Il y a certes quelque chose de gênant dans l'expression « dérivés non saturés » ; l'employer c'est faire implicitement l'hypothèse que la valence est une propriété constante et invariable de l'atome, c'est conserver l'idée étroite du système de Kékulé.

A l'heure actuelle, on admet encore, en général, la théorie des doubles ou des triples soudures, mais de nombreux essais ont été faits pour substituer à l'ancienne théorie des vues nouvelles, mieux en accord avec l'ensemble des données expérimentales.

On ne peut nier que la théorie des doubles et des triples soudures ait en soi quelque chose de contradictoire ; il semble logique d'admettre que des atomes de carbone, doublement ou triplement liés, doivent être moins réactionnels que des atomes de carbone qui ne sont unis que par une valence ; en réalité c'est bien le contraire qui est la règle générale. Il s'agissait donc de donner à ces faits une explication.

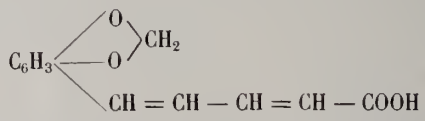
Une des premières en date est celle de Bayer (3). Partant des conceptions purement stéréochimiques, et admettant que l'atome de carbone occupe le centre

(1) Ann. Chem., 364, 75.
(2) Ber., 42, 2336.
(3) Ber. 18. 2277.

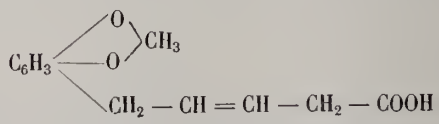
d'un tétraèdre (1) vers les quatre sommets duquel sont dirigées les quatre valences, Bayer montre que si l'angle des valences ne se trouve pas modifié lorsque deux atomes de carbone ne sont unis que par une seule valence, dans le cas des liaisons doubles, les valences unissant les deux atomes de carbone doivent faire un angle considérable avec leur direction primitive. Il existera donc, dans la molécule, une tension en raison de laquelle les atomes de carbone tendront à se désunir — la tension sera encore plus grande dans le cas des dérivés acétyléniques. Bayer arrive à de très intéressants résultats dans le calcul des angles des valences pour différentes chaînes cycliques; il conclut, ce qui est d'accord avec les données expérimentales, que les chaînes carbonées penta-atomiques doivent être les plus stables.

En 1899, Thiele (2) cherche à modifier la théorie des liaisons multiples en introduisant la notion des valences partielles. Le but de son système est d'expliquer la manière dont se comportent les composés non saturés à système conjugué de doubles soudures.

Voici quelques faits : Fittig (3) et ses élèves ont montré que l'acide pipérique



fournit comme produit normal de réduction l'acide β hydropipérique



c'est-à-dire qu'il y a eu migration de la double soudure.

(1) Voir plus loin ce qui concerne ces modes de représentation de l'atome de carbone.
(2) Ann. Chem., 306, 87 ; 308, 213.
(3) Ann. Chem., 152. 47 ; 172, 158; 216, 171.

Bayer (1) a étudié la réduction de l'acide muconique

$$COOH - CH = CH - CH = CH - COOH,$$

et il constate un phénomène semblable : il obtient, comme produit normal de réduction, l'acide hydromuconique β :

$$COOH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - COOH.$$

Thiele fit des constatations analogues et remarqua que c'était là une règle presque générale : dans un système conjugué de doubles liaisons, l'addition se fait toujours aux extrémités. C'est ce fait que Thiele cherche à expliquer au moyen de ses valences partielles.

Les atomes de carbone des doubles liaisons sont très réactionnels, ils ont des valences libres d'une nature spéciale : Bayer admet, dans sa théorie des doubles soudures, que l'affinité des valences mises en action n'est pas saturée complètement, de telle sorte qu'à chaque atome de carbone reste comme telle une fraction de l'affinité : c'est la valence partielle que Thiele représente graphiquement par un pointillé.

Voici la formule qu'il donne à l'acide muconique :

$$COOH - \underset{\vdots}{CH} = CH - \underset{\vdots}{CH} = \underset{\vdots}{CH} - COOH.$$

Dans ce système conjugué on peut admettre que les valences partielles médianes se saturent mutuellement.

$$COOH - \overset{1}{HC} = \overset{2}{CH} - \overset{3}{CH} = \overset{4}{CH} - COOH$$

si bien que, dans les phénomènes de réduction, ce seront d'abord les groupes 1 et 4 qui se satureront.

Dans les cas les plus simples, c'est le même phénomène : la bromuration de l'éthylène, par exemple, sera représentée par le schéma :

(1) Ann. Chem., 256, 1.

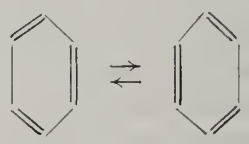
$$\begin{array}{c} H_2C \ldots \\ | \\ H_2C \ldots \end{array} + Br_2 \rightarrow \begin{array}{c} H_2C \ldots Br \\ | \\ H_2C \ldots Br \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} H_2CBr \\ | \\ H_2CBr \end{array}$$

La formule proposée par l'oxyde de carbone s'accorde fort bien avec ses propriétés : $\begin{array}{c} C = O \\ \vdots \quad \vdots \end{array}$

Thiele applique également sa théorie au benzène.

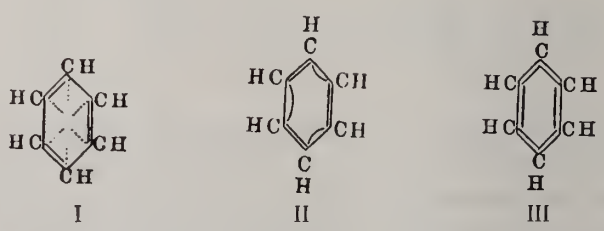
Comme on le sait, la formule de Kékulé avait donné lieu à de nombreuses controverses : on lui avait objecté de n'être pas symétrique et de mal représenter la propriété qu'il a de fonctionner comme un dérivé saturé.

Kékulé avait déjà modifié ses vues en admettant une oscillation entre les deux formes :



Bayer avait admis que six valences se saturaient dans un plan et il avait donné au benzène la formule centrique reprise d'Armstrong (1) :

En appliquant la théorie de Thiele on peut écrire la formule I, mais dans ce cas l'ensemble des valences partielles peuvent se saturer mutuellement en donnant des liaisons doubles inactives (formule II); on a ainsi, en admettant l'identité des six valences partielles, un système complètement saturé, ce qui correspond aux propriétés du benzène.



Par l'égalisation des valences partielles, les trois doubles soudures primitives sont devenues inactives, elles ne se différencient plus en rien des trois

(1) Journ. chem. Soc., 51, 264.

autres ; le benzène renferme ainsi six doubles soudures inactives et la molécule est complètement symétrique (formule III).

La théorie de Thiele fut bientôt combattue.

Pour Erlenmeyer (1), si l'addition du brome à l'éthylène, par exemple, se faisait suivant le schéma de Thiele, on aurait dû pouvoir isoler le produit intermédiaire ; à l'heure actuelle, en effet, on connaît un grand nombre de semblables réactions d'addition. Bien plus, le principal argument de Thiele était le mode de saturation dans les systèmes conjugués de doubles soudures : or cette saturation se fait souvent autrement que ne le demande la règle de Thiele, surtout dans le cas où les doubles soudures conjuguées subissent l'influence de groupes fonctionnellement différents, par exemple, dans le système

$$\begin{array}{ccccccc} - & C & = & C & - & C & = O \\ & | & & | & & | & \\ & H & & H & & H & \end{array}$$

Voici deux cas caractéristiques qui se rapportent à ce genre de composés : Harries (2) a montré que les acétones non saturées de la forme générale

$$R_2C = CH - CO - R$$

subissant l'influence d'agents de réduction, sont d'abord attaquées à la double soudure et que ce n'est qu'ultérieurement que le groupe acétonique subit cette action : l'hydroxylamine de même s'ajoute d'abord à la double soudure. D'autre part l'aldéhyde cinnamique s'ajoute à HCN et à Mg—Br — CH_3 par le groupe aldéhydique. Hinrichsen (3) a montré que l'addition du Br aux dérivés du cinnamylidène se fait de la façon suivante :

$$C_6H_5CH = CH - CH = C\left\langle\begin{matrix} X \\ Y \end{matrix}\right. + Br_2 = C_6H_5CHBr - CHBr - CH = C\left\langle\begin{matrix} X \\ Y \end{matrix}\right. ;$$

Hinrichsen (4) voit dans les propriétés de l'acétylène une objection aux théories des combinaisons non saturées qui supposent la saturation mutuelle de plusieurs valences. Si l'on admet l'existence des soudures mul-

(1) Ann. Chem., 316, 50.
(2) Ber. 28, 150 ; 29, 375, 380.
(3) Ann. Chem., 336, 323.
(4) *Geg. Stand der Valenzlehre*, p. 33.

tiples, en prenant comme base soit la théorie de Bayer soit celle de Thiele, on devra s'attendre à ce qu'une substance soit d'autant plus labile qu'elle renferme un plus grand nombre de soudures pareilles. L'acétylène serait en conséquence beaucoup moins stable que l'éthylène ; or il n'en est rien. Les doubles ou triples soudures non seulement ne permettent pas d'expliquer un grand nombre de faits, mais encore elles donnent une image des plus fausses des rapports atomiques : quelle que soit, en effet, la compréhension que l'on puisse avoir d'une double ou d'une triple soudure, il faut admettre que les atomes de carbone ainsi liés sont plus resserrés dans l'espace. Or, l'examen de la plupart des constantes physiques de ces composés nous conduit à la conclusion inverse.

Soient, par exemple, les volumes moléculaires et les réfractions moléculaires, deux constantes qui donnent la mesure du volume occupé par les atomes dans la molécule. La comparaison de ces constantes montre que l'on a toujours des valeurs plus grandes pour les composés de la série éthylénique, mais surtout pour les composés de la série acétylénique. D'une façon générale le volume occupé par les atomes, dans une molécule non saturée, est plus grand que dans une molécule saturée, ils y sont donc plus éloignés. C'est en se basant sur ces considérations que Brühl (1) propose pour l'aldéhyde acétique la formule : $CH_3 - C \angle^{H}_{\_\_} O$.

Hinrichsen estime que puisqu'il existe une série de combinaisons où l'on doit admettre l'existence de valences libres du carbone, il doit en être de même dans les dérivés non saturés. Ainsi s'explique la stabilité de l'acétylène. D'après la théorie de Van 't Hoff, qui met en relief l'influence de la température sur la valence, on doit s'attendre à ce qu'à haute température le carbone fonctionne avec une valence moindre qu'à basse température. C'est ainsi que l'acétylène peut prendre naissance aux dépens de l'éthane et de l'éthylène : il est un de leurs produits de dissociation. De plus, l'acétylène

(1) Ann. chem., 211, 173.

possède une énergie interne plus considérable que l'éthylène et celui-ci une énergie interne plus grande que l'éthane (1) ; les données thermochimiques le prouvent. Au point de vue cinétique il en résulte que les oscillations atomiques seront plus grandes et leur distance moyenne également plus grande, ce qui concorde avec les données de Brühl et Horstmann.

D'après Hinrichsen, on est conduit à admettre la trivalence fonctionnelle du carbone dans les dérivés éthyléniques et la bivalence dans les composés acétyléniques. On est amené ainsi à formuler l'éthylène et l'acétylène de la façon suivante :

$$H_2 = \overset{|}{\underset{|}{C}} - \overset{|}{\underset{|}{C}} = H_2, \quad \overset{|}{\underset{|}{HC}} - \overset{|}{\underset{|}{CH}}$$

et à y admettre l'existence de 2 ou de 4 valences libres.

Comme le fait remarquer Hinrichsen lui-même, on devrait, dans ces conditions, pouvoir isoler plusieurs isomères éthyléniques : l'éthylène, par exemple, devrait exister sous les deux formes

$$CH_3 - CH = \quad \text{et} \quad \overset{|}{\underset{|}{CH_2}} - \overset{|}{\underset{|}{CH_2}}.$$

Il fait l'hypothèse très simple que la première de ces formes est labile, la seconde stable (2).

Billitzer (3) cependant, en se basant sur les données thermochimiques, s'oppose à la manière de voir de Hinrichsen.

(1) Jahn. Grundsätze der Thermochemie. Vienne 1892, p. 105.
(2) Voir à ce sujet les vues développées par Bauer sur les soi-disant doubles soudures, Ber., 37, 3317 et Journ. Prakt. chem. (2), 72, 201.
(3) Monatshefte, 25, 749.

Le caractère additif des chaleurs de formation dans les composés organiques est une relation qui, bien qu'elle ne soit pas d'une exactitude absolue, se vérifie dans la plupart des cas. On peut, en général, calculer la chaleur de formation des hydrocarbures au moyen des données que voici (1) :

$$(C - C) = -5{,}7. \text{ Cal.}$$
$$(C - H) = 4{,}3. \text{ Cal.}$$
$$(C \equiv C) = -61{,}8. \text{ Cal.}$$

Si l'acétylène avait la formule proposée par Hinrichsen, HC — CH, sa chaleur de formation serait

$$(C-C)+2(C-H)=-5{,}7+2\times4{,}3=+2{,}9\,\text{cal.},$$

au lieu de —53,2 trouvée expérimentalement.

De même pour le dipropargyle, on aurait la formule

$$HC - C - CH_2 - CH_2 - C - CH$$

et la chaleur de formation serait

$$5(C - C) + 6(C - H) = 2{,}7$$

alors que la formule acétylénique conduit à la valeur — 114,9 confirmée expérimentalement par la valeur —113,4.

On est ici en présence non seulement d'un ensemble de théories contradictoires, mais encore d'un ensemble de faits contradictoires, du moins à première vue. Voici ce que l'on pourrait conclure : le carbone est à même de fonctionner dans certains composés avec deux valences (Nef, Gattermann, Scholl), mais dans ces composés les deux autres valences sont latentes, elles se

(1) Van 't Hoff, *Vorlesungen*, 3, p. 101.

saturent mutuellement. Ces composés peuvent entrer en réaction parce qu'il y a un petit nombre de molécules à valences libres.

$$R - N = C = \rightleftarrows R - N = C =$$

En ce qui concerne la constitution des dérivés éthyléniques ou acétyléniques, il est plus difficile de se prononcer : doit-on admettre la bivalence ou la trivalence fonctionnelle du carbone, ou bien sa tétravalence en prenant comme base la théorie plus ou moins modifiée des doubles et des triples soudures ?

L'exemple de l'acétylène invoqué par Hinrichsen est très frappant, et l'application de la théorie de Van 't Hoff nous conduit naturellement à admettre que le carbone y est fonctionnellement bivalent. Mais n'oublions pas que l'acétylène est un cas presque isolé : il suffit de comparer la majeure partie des dérivés acétyléniques un peu complexes, aux dérivés saturés ou même aux dérivés éthyléniques à même nombre d'atomes de carbone, pour se convaincre de la grande différence de stabilité.

Il est édifiant de comparer le dipropargyle, par exemple, au benzène, au dipropylène ou à l'hexane.

D'une façon générale, les dérivés non saturés sont moins stables que les composés saturés, les composés acétyléniques moins stables que les composés éthyléniques. Cela est bien en rapport avec la théorie des tensions de Bayer.

Mais d'après les vues de Hinrichsen, cette théorie se trouve en opposition avec les conclusions que l'on est amené à tirer de l'examen des constantes de réfraction atomique ou du volume atomique.

En appliquant la théorie de Bayer on voit que deux atomes doublement liés doivent être plus rapprochés dans l'espace que lorsqu'il n'y a qu'une soudure

simple; ces atomes seront encore plus voisins dans les dérivés acétyléniques. La théorie de Bayer a comme base la conception stéreo-chimique que voici : l'atome de carbone occupant le centre d'un tétraèdre, a ses quatre valences dirigées aux quatre angles. Cette conception a rendu certes de très grands services, mais il y en a d'autres qui peuvent être fructueuses également; elles seront exposées plus loin. On verra que, si l'on prend comme base la conception dont s'est servi Wunderlich, on peut expliquer les distances relatives des atomes de carbone conformément aux données physico-chimiques invoquées par Hinrichsen.

Quoi qu'il en soit, une conclusion s'impose encore assez nettement : la tétravalence du carbone peut toujours être considérée comme une de ses propriétés fondamentales.

A première vue cela semble en contradiction avec les faits que nous avons rapportés; il n'en est rien. Le carbone est quelquefois *fonctionnellement* bivalent dans certains composés non saturés; dans les composés éthyléniques ou acétyléniques, si on se range à la théorie d'Hinrichsen, on admettra la trivalence ou la bivalence fonctionnelle du carbone, mais on admettra en même temps des valences latentes.

Quelles que soient les théories que l'on professe à l'égard de ces composés, on est obligé de les considérer comme « des molécules ouvertes », leur appliquant ainsi la vieille expression propre à l'oxyde de carbone.

Il n'est pas sans intérêt de reproduire à ce sujet les idées de Kolbe (1) adversaire s'il en fut du « dogme » de la valence constante. « Dans le méthane et l'acide carbonique nous considérons, dit-il, le carbone comme tétravalent parce que sa capacité de saturation y est satisfaite par quatre atomes d'hydrogène monovalent

(1) Journ. prakt. chem., 17, 146.

ou deux atomes d'oxygène bivalent. Mais dans l'oxyde de carbone, il fonctionne comme un élément bivalent, la moitié de ses affinités habituelles se trouvent hors d'action. Mais elles ne font que sommeiller et elles peuvent se manifester dans des conditions déterminées, sous l'action du chlore à la lumière solaire, sous l'action de l'oxygène avec l'aide de la chaleur. »

Lossen (1) remarque, avec raison, qu'il n'y a dans tout cela que discussion de mots : « Ce qui n'existe pas, dit-il, ne peut pas sommeiller et ce qui sommeille existe. Il n'y a pas de différence pour moi entre les vues de Kékulé et celles de Kolbe. Que l'on additionne deux valences liées et deux valences libres, ou deux valences en action et deux valences qui sommeillent, deux et deux font toujours quatre. »

MODES DE REPRÉSENTATION DANS L'ESPACE DES VALENCES DE L'ATOME DE CARBONE

Nous chercherons à exposer brièvement les différentes théories et hypothèses sur les dispositions dans l'espace des valences et l'atome de carbone.

C'est à Kékulé, Boutlerow et Erlenmeyer que l'on doit les premières conceptions sur les dispositions atomiques dans les molécules.

En 1861, Kékulé (2) commença à employer les représentations graphiques. Il donne au méthane la configuration que voici :

Berzélius déjà s'était servi de ce mode de représen-

(1) Ann. Chem., 204, 286. Cfr Hinrichsen, *Gegenwärtigen Stand der Valenzlehre*, p. 20.
(2) *Lehrbuch*, 1, 160.

tation. Kékulé remarque expressément que ces petites sphères ne représentent pas les grandeurs relatives des atomes, mais exclusivement le rapport de leur valence; de plus, que la place ainsi assignée aux atomes n'indique pas leur position réelle dans l'espace.

Van 't Hoff (1) en 1874, montre qu'il est impossible d'admettre que les quatre valences soient situées dans un même plan; elles sont dirigées vers les angles d'un tétraèdre régulier dont le centre est occupé par l'atome de carbone lui-même. Ce mode de représentation, entrevu par Kékulé en 1867 (2), avait également été proposé en 1869 par Paterno.

C'est l'explication des phénomènes d'isomérie physique qui ont conduit Van 't Hoff à se servir de ce mode de représentation. Le Bel (3) a développé des vues très analogues à la même époque. Les conceptions stéréo-chimiques, qui ont rendu tant de services et jouent encore à l'heure actuelle un si grand rôle, ont comme base cette notion.

Pour se représenter les chaînes carbonées, on admet, en général, que dans le cas de la liaison simple les deux tétraèdres sont liés par un angle, dans le cas de la liaison double par un côté, et par une face dans le cas de la triple liaison.

L'expérience montre que la liaison simple est la plus forte, la triple liaison est la plus faible, la liaison double ayant une stabilité intermédiaire. Pour trouver une disposition plus conforme aux données expérimentales, Wunderlich (4) admet que les quatre faces du tétraèdre sont des « faces de liaison ». C'est à leur centre de gravité qu'aboutissent les quatre axes ou valences de l'atome de carbone.

(1) *La chimie dans l'espace* et *Ansichten über organische Chemie.*
(2) Zeits. f. Chem., 1867, 3, 217.
(3) Bull. Soc. chim., 22, 337.
(4) *Konfiguration org. Molekule,* Wurzburg, 1886.

Si donc deux atomes de carbone sont liés par une soudure simple, ils seront unis par une face ; dans le cas de la double liaison, ils seront unis par un côté et dans la liaison acétylénique, par un angle.

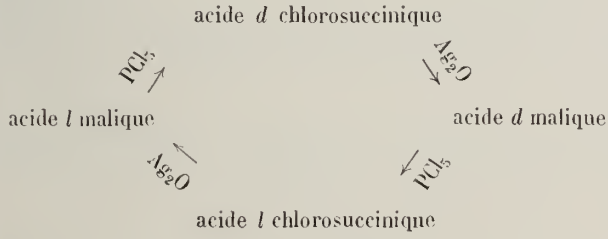
Si l'on considère plus particulièrement le cas de la liaison double, on voit que les valences destinées à la soudure des deux atomes de carbone ne mettent en action qu'une composante. Il y a donc un reste d'affinité que Knoevenhagel (1) assimile aux valences partielles de Thiele.

La conception de Van 't Hoff a rendu des services considérables.

L'interprétation qu'elle donne de certains phénomènes est cependant insuffisante : c'est le cas de la transformation spontanée des composés éthyléniques géométriquement isomères provoquée par le contact de certaines substances ou simplement par l'action de la chaleur.

Une série de faits qui, d'après quelques auteurs, ne peuvent s'expliquer par la représentation tétraédrique actuelle, est connue sous le nom d'inversion de Walden (2) ou inversion optique. — L'inversion de Walden consiste dans le changement du signe optique de composés actifs sous l'influence de certains réactifs.

Un cas très frappant consiste dans l'inversion optique des acides maliques (3). Walden a montré que l'acide *l* malique traité par PCl_5 fournit l'acide *d* chlorosuccinique, et que la substitution du chlore par l'hydroxyle, réalisée au moyen d'oxyde d'argent, fournit l'acide *d* malique. Par un processus analogue, cet acide peut être inversé : le perchlorure de phosphore donne l'acide *l* chlorosuccinique qui, traité par l'oxyde d'argent, redonne l'acide *l* malique. Le cycle des transformations est bien mis en évidence dans le schéma suivant :



Walden fit encore la remarque surprenante que voici : les corps inorganiques Ag_2O, Ag_2CO_3, KOH, NH_4OH qui, en substituant un groupe hydroxyle

(1) Ann. Chem., 311, 203.
(2) Journal de Chimie Physique, 9, 174. Revue
(3) Ber. 29, 133.

à l'halogène, agissent d'une façon identique au point de vue chimique, jouent, au point de vue optique, des rôles différents.

C'est ainsi que le carbonate et l'oxyde d'argent ont toujours fourni un acide malique dont le pouvoir rotatoire est du même sens que celui de l'acide succinique chloré ou bromé dont il dérive. Mais l'action de l'ammoniaque et de la potasse caustique est différente.

Acide *l* chlorosuccinique + NH_4OH ⟶ acide *d* malique (1).

Acide *d* chlorosuccinique + KOH ⟶ acide *l* malique (2).

Ces dernières années, de nombreux travaux sur ce sujet ont été publiés par Fischer, Mc Kenzie et leurs collaborateurs, et l'inversion optique a été constatée dans un grand nombre de cas.

Des essais d'explication d'un phénomène si extraordinaire ne tardèrent pas à être présentés : il semble cependant qu'aucun ne soit complètement satisfaisant. Walden et Fischer (3) semblent admettre l'hypothèse de produits d'addition intermédiaires. L'opinion d'Ostwald (4) doit être signalée : « Ce phénomène, dit-il, semble en opposition avec les principes de la stéréo-chimie : on ne peut invoquer ici l'aide de la transposition qui ne donne jamais que le racémique et non l'inverse optique. Il ne faut pas prétendre que ce problème ne comporte pas de solution, mais toute solution digne, actuellement, d'être prise en considération ébranlerait ou modifierait les bases de la stéréochimie. »

Le Bel (5), au contraire, ne voit dans ce phénomène aucun désaccord avec les doctrines stéréochimiques, et croit pouvoir l'expliquer par des oscillations intermoléculaires résultant du phénomène de substitution.

L'idée défendue par Werner, au sujet de la disposition des valences, est assez différente des précédentes. Elle se rapproche de celle que Claus émettait déjà en 1881 (6). Admettre que l'affinité du carbone est divisée à priori en quatre parties indépendantes, que son énergie chimique s'exerce aux dépens de quatre centres d'attraction distincts, c'est, aux yeux de Claus, une hypothèse à la fois gratuite et arbitraire. Au contraire, tout élément doit être caractérisé par une affinité globale qui ne se fractionne que dans l'acte de la combinaison. Le nombre des fractions et leur importance relative varient avec la nature de l'élément ou du radical qui donne lieu à la combinaison. Dans l'acide

(1) Ber., 30, 2795.
(2) Ber., 30, 3146.
(3) Ber., 40, 489.
(4) *Wedergang einer Wissenschaft*, 1908.
(5) Journ. Chimie Physique, 9, 332.
(6) Ber., 14, 432.

carbonique et le sulfure de carbone, par exemple, l'énergie chimique de l'atome de carbone ne se divise pas en quatre parties, mais son affinité globale se répartit en deux fractions probablement égales, puisque les atomes qui lui sont combinés sont de même nature. Dans l'oxysulfure de carbone, l'affinité, divisée également en deux parties, l'est probablement inégalement en raison de la nature différente des atomes associés.

Werner (1) reprit la conception fondamentale de Claus. L'atome de forme sphérique ne possède pas de valence comme force vectoriale de direction à priori déterminée ; l'affinité de l'atome est une force d'attraction agissant uniformément dans toutes les directions de la surface atomique. Si quatre atomes d'hydrogène se combinent à un atome de carbone, la disposition résultante correspondra au plus grand échange d'affinité, chacun des quatre atomes d'hydrogène sera maintenu par une partie de l'affinité totale du carbone. Il existe donc des surfaces de combinaison, et leurs dimensions varient avec la nature des atomes. Lorsque quatre atomes identiques se combinent au carbone, chacun sature la même affinité, et la disposition correspond au maximum de stabilité. Dans le cas d'un atome de carbone asymétrique chaque atome ou groupe sera réuni à l'atome central par une fraction différente d'affinité. La conception de Werner offre certes des avantages, il serait trop long de donner les arguments qu'il invoque contre l'idée de la valence considérée comme force vectoriale de direction déterminée, on les trouve exposés dans sa monographie *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganische Chemie* (2).

Il faut cependant se demander si ce n'est pas aller trop loin que d'admettre — et c'est la conséquence du système de Werner — que dans les molécules du type CR'_3R''. $CR'_2R''R'''$, $CR'R''R'''R''''$ les différents atomes ou radicaux peuvent être unis au carbone par des valences d'affinité différentes.

Cette question nous amène à examiner brièvement les travaux qui se rapportent à l'identité ou à la différence des quatre valences du carbone.

IDENTITÉ DES QUATRE UNITÉS D'ACTION CHIMIQUE DU CARBONE

On ne connaît qu'un alcool méthylique, qu'un chlorure de méthyle, qu'un cyano-méthane, qu'un nitromé-

(1) Naturforschenden Gesellschaft in Zurich 36, et *Beitrage zur Theorie der Affinität und Valenz*, p. 16.
(2) P. 65.

thane, etc. ; d'une façon générale, on n'est jamais parvenu à préparer qu'un composé unique monosubstitué du méthane. Avant donc qu'on n'ait cherché à en fournir une démonstration expérimentale, l'identité des quatre valences du carbone était un fait généralement admis.

Kékulé surtout défendait cette idée. Kolbe au contraire l'appelait avec ironie le « dogme » de l'identité des quatre valences (1), et il la combattait sans merci. En réalité cette notion semble en contradiction avec de nombreux faits. Pourquoi le carbone se sature-t-il en deux temps vis-à-vis de l'oxygène ? Comment se fait-il surtout que la molécule CO soit relativement stable ? D'autres difficultés se présentaient d'ailleurs contre l'idée de Kékulé. En 1857, Bayer (2) prétend que le chlorure de méthyle n'est pas toujours identique à lui-même ; il montre qu'il y a de grandes différences dans la solubilité du gaz préparé par le cacodyle et par l'alcool méthylique. Il signale aussi des différences dans la température d'ébullition du bromure de méthyle préparé de façons différentes :

Bromure obtenu par PBr_3 sur CH_3OH : Eb. + 15°

Bromure de Bunsen ($As(CH_3)_2Br$) : Eb. — 7°

Il a été prouvé ultérieurement que les écarts constatés par Bayer étaient dus à des impuretés ; en 1878 notamment, Merril (3) fixe le point d'ébullition des bromures purifiés à + 4°. D'autre part, en 1881, Schreiner (4) réalise par deux voies différentes la synthèse du composé mixte

$$OC\begin{cases} OCH_3 \\ OC_2H_5 \end{cases},$$

(1) Journ. f. prakt. chem., 22, 361.
(2) Ann., 103, 183.
(3) Ber., II, 2143
(4) Journ. f. prakt. chem., 22, 353.

il trouve deux variétés : le point d'ébullition de l'une serait 104, celui de l'autre 115°.

Geuther et Röse (1), au contraire, dans un travail publié en 1880, ont préparé cet éther mixte par deux voies différentes et les composés obtenus se sont montrés identiques dans toutes leurs propriétés :

$$\text{I. } COCL_2 + HOCH_3 \rightarrow CO\left\langle\begin{matrix}Cl\\OCH_3\end{matrix}\right. + HOC_2H_5 \rightarrow CO\left\langle\begin{matrix}OCH\\OC_2H_5\end{matrix}\right.$$

$$\text{II. } COCl_2 + HOC_2H_5 \rightarrow CO\left\langle\begin{matrix}Cl\\OC_2H_5\end{matrix}\right. + HOCH_3 \rightarrow CO\left\langle\begin{matrix}OCH_3\\OC_2H_5\end{matrix}\right.$$

Ils prouvent ainsi l'identité des deux unités d'action chimique « carboniques ».

Popoff (2), en 1868, était d'ailleurs déjà arrivé à ce résultat en préparant par deux voies différentes la méthyl-amyl-cétone :

$$2C_5H_{11}COCl + Zn(CH_3)_2 = 2C_5H_{11}CO - CH_3 + ZnCl_2$$

$$2CH_3COCl + Zn(C_5H_{11})_2 = 2CH_3COC_5H_{11} + ZnCl_2.$$

Les deux acétones ayant en tous points les mêmes propriétés, on pouvait en déduire l'identité des unités d'action chimique non saturées dans l'oxyde de carbone.

En 1887 (3), L. Henry arrive à résoudre ce problème d'une façon complète et à prouver l'identité des quatre valences du carbone. Pour faire cette preuve, il est nécessaire de produire des dérivés monosubstitués du méthane, dans un système de réactions tel que l'on soit en droit d'affirmer que le substituant satisfait tour à tour, en prenant la place de chacun des atomes d'hy-

(1) Ann. chem., 205, pp. 223 et 227.
(2) Ann. chem., 145, 283.
(3) Bull. Ac. bel., 12, CR. 104, 1106. Zeitsch. phys. chem., 2, 553.

drogène, les diverses unités d'action chimique du carbone.

L. Henry a choisi, pour faire cette démonstration, le nitrométhane $CH_3 — NO_2$ et le cyano-méthane $CH_3 — CN$. Partant du méthane qu'il représente de la façon que voici CHaHbHcHd, il a obtenu, par substitution successive, les dérivés monosubstitués suivants :

$H_3C — NO_2a$	$H_3C — CNa$
$H_3C — NO_2b$	$H_3C — CNb$
$H_3C — NO_2c$	$H_3C — CNc$
$H_3C — NO_2d$	$H_3C — CNd$

Les quatre nitrométhanes a, b, c, d et les quatre acénonitriles a, b, c et d ne présentent entre eux aucune différence.

De l'identité de ces composés, qui sont d'ordre substitutif différent, on peut conclure à l'identité des quatre unités d'action chimique de l'atome de carbone.

Thomson (1) a cherché à fournir de ce fait une preuve physique; il a déterminé les chaleurs de combustion des dérivés de méthylation du méthane. Voici ses résultats :

$CH_3 — CH_3$	370,44 Calories
$CH_2 — (CH_3)_2$	529,21 »
$CH — (CH_3)_3$	687,11 »
$C — (CH_3)_4$	847,11 »

Il y a chaque fois une différence presque constante qui correspond à la chaleur de combustion du groupe CH_3 substitué à l'hydrogène ; en d'autres termes, la substitution successive de groupes méthyle identiques, aux quatre atomes d'hydrogène donne lieu au même phénomène thermique.

(1) *Thermo-chemische Untersuchungen*, pp. 242 et 246.

Il semble cependant que cette preuve physique n'offre pas un appui solide à la théorie de l'identité des quatre valences, car en étudiant la substitution successive de quatre atomes de chlore aux quatre atomes d'hydrogène du méthane, Thomson a trouvé que ces opérations ne dégagent pas la même quantité de chaleur. Ce dernier résultat n'entraîne pas nécessairement la non identité des quatre valences : il y a simplement là un phénomène de solidarité fonctionnelle. Le même phénomène devrait se produire, moins prononcé il est vrai, dans le cas des dérivés de méthylation du méthane, puisqu'au point de vue fonctionnel il existe également une différence entre l'hydrogène et le groupement méthyle. Cette différence que l'on déduirait facilement de certaines relations de volatilité peut être mise en évidence par la différence entre les deux acides HCOOH et son produit de substitution méthylé $CH_3 — COOH$, dont les constantes de dissociation sont très différentes.

De cette donnée si importante de l'identité des quatre valences du carbone, souvent considérée comme un des principes fondamentaux de la chimie organique, il ne nous reste donc qu'une seule preuve complète, celle qu'a fournie L. Henry. En raison de l'importance du sujet, il faut y insister et considérer les différentes objections qui se présentent.

Le choix des composés qui a servi à faire cette démonstration est certes irréprochable : ces composés, d'un maniement facile, sont doués de propriétés très caractéristiques qui permettent de constater avec certitude leur identité ou leur différence ; ils se produisent de plus par des méthodes variées et en dehors de toute réaction violente.

Le travail de L. Henry se base sur deux principes : le principe de substitution, en vertu duquel le substituant prend la place du substitué, et le principe de la stabilité moléculaire durant les réactions chimiques.

Le principe de substitution doit certes être admis en lui-même. Mais comment devons-nous envisager un phénomène de substitution? D'après la conception de Kékulé (1) et de van 't Hoff (2), il résulte que ce que l'on appelle, en général, réaction de substitution, est de fait une réaction d'addition suivie d'un phénomène de décomposition dans un sens différent du mode de for-

(1) Lehrbuch I, 142.
(2) *Ansichten über org. Chem.*

mation. Cette conception a beaucoup gagné en vraisemblance, ces dernières années.

Les systèmes suivants par exemple :

Monométhyle-aniline + chlorure de benzène.
Bromure d'éthyle + brome.
Aniline + acetate d'éthyle.
Pyridine + iodure de méthyle.

donnent lieu, à une température plus ou moins élevée, à des réactions dites de « substitution »; comme l'ont montré Wroczynsky et Guye (1) pour chacun de ces systèmes, l'analyse thermique permet de caractériser un ou plusieurs produits d'addition, plus ou moins stables à basse température.

C'est dans ce sens donc qu'il faut considérer les réactions de substitution employées par L. Henry. En examinant les schémas les plus divers que l'on peut concevoir pour interpréter les phénomènes d'addition qui doivent précéder les phénomènes de substitution, on peut se convaincre que cette substitution des radicaux CN ou NO^2 n'a pu se faire qu'à un atome d'hydrogène bien déterminé de la molécule du méthane.

Mais le fait d'obtenir chaque fois le même nitrométhane et le même cyano-méthane n'indiquerait-il pas une prédominance marquée de l'une des valences pour ces groupes négatifs ? Cette prédominance ne provoquerait-elle pas chaque fois une migration moléculaire ? Y a-t-il lieu enfin d'admettre la stabilité des édifices moléculaires dans le cycle de réactions employées ?

Il est impossible de répondre d'une façon catégorique à ces questions (2). L'examen de l'ensemble des cas où des migrations moléculaires ont été observées, montre la complexité de ces phénomènes et leur dépendance d'un grand nombre de conditions extérieures.

(1) Journ. Chim. Physique, 8, 216.

(2) Voir d'une part : Tiffeneau, Rev. génér. Sciences, 18, 583; Henrich, *N. Anschauungen auf d. Geb. der organische Chemie*, p. 207 ; Martin Loury, Science Progress, nos 12 et 14, 1909. D'autre part : M. Delacre, *Recherches sur la notion de l'individualité chimique* et nombreuses publications dans Bulletin société chimique de Paris.

Quoi qu'il en soit, on constate chez les chimistes une tendance de plus en plus marquée à rejeter l'identité des quatre valences du carbone. Il y a en réalité de nombreux faits qui semblent la contredire. C'est ainsi qu'il est bien difficile de concilier l'existence des composés du carbone bivalent et des composés à soudures multiples avec la théorie de l'identité des quatre valences du carbone.

Il faut encore rapporter à ce sujet les idées de Nef (1). Pour lui, les valences du carbone ne sont identiques que deux à deux ; si on les compare aux forces électriques, on pourra représenter l'atome de carbone de la façon que voici : $^{\pm}C^{\mp}_{+}$.

Les isomères optiques *d* et *l* bromo-propioniques, par exemple, auront alors les formules :

$$\begin{array}{c} COOH \\ + \\ H - C + Br \\ - \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} COOH \\ + \\ Br + C - H \\ - \\ CH_3 \end{array}$$

La théorie de Nef nous explique aussi pourquoi l'addition des hydracides halogénés aux composés non saturés se fait toujours en donnant un éther haloïde secondaire ou tertiaire. Un hydrocarbure non staturé est constitué en majeure partie de molécules inertes

$$R - CH = CH_2,$$

à côté d'un petit nombre de molécules dissociées et, dès lors, très réactionnelles

$$R - \underset{|}{CH} - \underset{|}{CH_2}.$$

Si les valences étaient identiques, l'addition de l'hydracide fournirait en quantités égales

$$R - \underset{\underset{X}{|}}{CH} - CH_3 \text{ et } R - \underset{\underset{H}{|}}{CH} - CH_2X.$$

Si les valences ne sont pas identiques, il peut en être autrement et la dissociation de l'oléfine peut se faire de deux façons :

(1) Journ. Americ. chim. soc., 30, 645.

$$R-\overset{+}{\underset{-}{CH}}=\overset{-}{\underset{+}{CH_2}} \rightleftarrows R-\overset{+}{\underset{-}{CH}}-\overset{-}{\underset{+}{CH_2}} \text{ et } R-\overset{-}{\underset{+}{CH}}-\overset{+}{\underset{-}{CH_2}}.$$

Si le second produit de dissociation existe en majeure partie, on conçoit que l'addition de l'hydracide halogéné se fasse en donnant en majeure partie l'éther haloïde secondaire.

C'est également par des phénomènes de dissociations analogues que Nef explique l'inversion de Walden.

§ 2. *La valence de l'azote*

L'azote est un des éléments les plus intéressants au point de vue des théories de la valence : c'est un des premiers auxquels on a été amené à attribuer une atomicité variable, et c'est ainsi que les partisans de la théorie de la valence constante ont eu dès l'abord de grosses difficultés à expliquer la constitution de ses divers composés.

Kékulé, se basant sur la constitution de l'hydrure d'azote, en déduit sa trivalence et il considère comme composés moléculaires toutes les combinaisons où cet élément fonctionne avec une valence plus élevée. Dans le chlorhydrate d'ammoniaque l'azote est apparemment pentavalent, mais Kékulé considère ce composé comme une combinaison moléculaire, résultant de l'association de l'ammoniaque à l'acide chlorhydrique ; il lui donne en conséquence la formule $NH_3 — HCl$. La théorie de Kékulé était bien d'accord avec les expériences de Deville et Troost, de Pebal (1) et de Than (2) qui avaient trouvé comme densité de vapeur de ce composé, approximativement la moitié de ce qu'exigeait la théorie.

Cependant Baker (3) et tout récemment Johnson (4)

(1) Ann. chem., 123, 199.
(2) Ann. chem., 131, 138.
(3) Trans. chem. Soc., 65, 612.
(4) Zeit. phys. chem., 61, 457.

ont montré que la volatilisation de ce composé peut se faire sans aucune décomposition, pourvu qu'il soit complètement sec. La pentavalence de l'azote se trouvait donc ainsi définitivement établie et la théorie de Kékulé mise en défaut.

Un fait intéressant que l'on constate dans le passage de l'azote de l'état trivalent à l'état pentavalent, c'est qu'il ne se fait, en général, que par l'intervention d'éléments ou de groupes à caractère électro-chimique différent de ceux qui se trouvent déjà en combinaison avec l'azote trivalent. Si cet élément peut fonctionner avec ses cinq valences vis-à-vis d'atomes ou de radicaux électronégatifs, il n'en est pas de même vis-à-vis d'atomes ou de radicaux électropositifs, avec lesquels il se montre exclusivement trivalent. Le passage de l'azote trivalent dans les dérivés du type NR_3, où R désigne un groupe positif monovalent quelconque, à l'azote pentavalent, ne peut se faire que par addition d'un groupe négatif monovalent quelconque.

L'azote peut-il aussi fonctionner avec d'autres valences ? Les oxydes monomoléculaires NO et NO_2 attirent d'abord l'attention : on voit qu'il est fort simple d'admettre dans ces composés, respectivement la bi- et la tétravalence de l'azote. On admet cependant quelquefois que, dans NO, on a un exemple d'azote tétravalent. Friend (1) apporte quelques considérations à ce sujet : mais cette conception s'accorde mal avec certaines de ses propriétés, notamment avec l'avidité qu'il montre vis-à-vis de l'oxygène ou du chlore : dans le premier cas on peut le faire passer à l'état de NO_2, où il fonctionne certes comme élément tétravalent ; dans l'autre cas on peut le transformer en chlorure de nitrosyle où il est trivalent. NOCl se forme à —80° à partir de ses éléments NO et Cl ; à cette basse température, NO ne montre cependant d'aptitude vis-à-vis du chlore que celle de saturer une troisième valence de l'azote ; si dans NO l'azote et l'oxygène étaient tous les deux tétravalents, cette réaction serait impossible.

La théorie de l'azote tétravalent a pris plus d'extension ces dernières années.

(1) *Theorie of Valency*, p. 150.

Fremy a obtenu dans l'action du bisulfite potassique sur le nitrite de potassium, un sel potassique auquel Raschig (1) donne la formule $(SO_3K)_2N . OH$; par oxydation il se transforme en un composé de formule brute $(SO_3K)_2NO$ dont la structure est donnée par la formule :

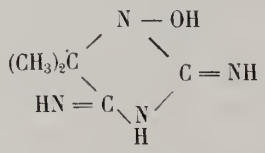
$$(SO_3K_2)N \begin{matrix} \diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup \end{matrix} N(SO_3K)_2$$

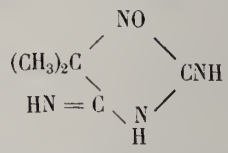
Ce sel est jaune clair à l'état solide mais violet foncé en solution. Cette propriété et un ensemble d'autres découvertes par Hantsch et Semple (2) ont conduit à admettre que ce corps existe sous deux variétés : la variété jaune bi-moléculaire, la variété violette à laquelle il faut attribuer une formule monomoléculaire :

$$(SO_3K)_2 = N = O$$

et qui est, par conséquent, un dérivé du bioxyde d'azote. Au point de vue de la coloration, il se comporte absolument comme le NO_2 qui à l'état monomoléculaire possède une coloration très foncée et qui est pour ainsi dire incolore à basse température lorsqu'il se trouve à l'état bimoléculaire.

Il faut encore citer les travaux de Piloty et Schwerin (3) sur l'azote tétravalent. Partant de la nitroso-isobutyramidine, ils ont obtenu par l'action de HCN une base spéciale, la porphyrexine, à laquelle ils donnent la formule I.

I. 

II. 

La porphyrexine fournit par oxydation la porphyrexide dont la structure est donnée par la formule II et où l'un des atomes d'azote est donc tétravalent.

A la suite de ses recherches ultérieures sur ce composé, Piloty (4) arrive à comparer la porphyrexide au triphenyl-méthyle, mais tandis que ce dernier n'a qu'un moyen de se transformer en composé saturé, en passant de l'état tri- à l'état pentavalent. la porphyrexide peut se transformer en composé stable, l'azote devenant soit tri- soit pentavalent ; il a surtout une grande tendance à se transformer en dérivé à azote trivalent.

L'étude de l'amalgane d'ammonium (5) se rapporte également à la question de la tétravalence de l'azote : il existe à ce sujet des travaux très nombreux. La question est très discutée et loin d'être résolue à l'heure actuelle ; il est cependant fort probable que l'on se trouve en présence d'une simple solu-

(1) Ann. chem., 241, 223.
(2) Ber., 28, 2744.
(3) Ber., 34.1870 et 2354.
(4) Ber., 36.1302.
(5) Le Blanc, Z. f. phys. chem., 5.467 ; Coehn, Z. f. anorg. chem., 25.425 ; Moissan, C. R., 144.790..... etc.

tion d'ammoniaque et d'hydrogène dans le mercure, car ces gaz se contractent ou se dilatent sous une variation de pression, approximativement comme le veut la loi de Mariotte.

En fait de composés où l'azote a une valence plus élevée que 5, on a cité un certain nombre de composés halogénés assez complexes

$$NH_4I_3,\ N(CH_3)_4I_3,\ C_6H_5NICIHCl$$
$$C_2H_5NCIICl_3\ldots,\ \text{etc.}$$

Il est bien probable que l'azote y est pentavalent et que la condensation des atomes d'halogène ne soit due qu'à leur plurivalence.

G. Schroeter (1) admet que dans les phénomènes d'isomérisation qui caractérisent les réactions de Hoffmann, Cutius et Beckmann, il se forme des produits intermédiaires où l'azote peut être monovalent.

Voici, par exemple, les schémas qu'il propose pour la formation des éthers isocyaniques :

a) transformation des dérivés azothydriques :

$$R-CO-N\left\langle\begin{matrix}N\\ \|\\ N\end{matrix}\right. \longrightarrow N_2 + R-CO-N \longrightarrow R-N=CO$$

b) transformation des acides hydroxamiques :

$$R-C-(OR')=N-OH \xrightarrow{HCl} RC-(OR')\left\langle\begin{matrix}Cl\\ NHOH\end{matrix}\right. \longrightarrow$$

$$R'Cl + H_2O + R-CO-N \longrightarrow R-N=CO$$

De même dans la réaction de Beckmann on aurait :

$$\begin{matrix}R\\ R\end{matrix}\Big\rangle C=N-OH \xrightarrow{HCl} \begin{matrix}R\\ R\end{matrix}\Big\rangle C\left\langle\begin{matrix}Cl\\ NHOH\end{matrix}\right. \longrightarrow H_2O + \begin{matrix}R\\ R\end{matrix}\Big\rangle C\left\langle\begin{matrix}Cl\\ N\end{matrix}\right. \longrightarrow$$

$$R-C\left\langle\begin{matrix}Cl\\ \|\\ -R\end{matrix}\right. \xrightarrow{H_2O} RC\left\langle\begin{matrix}OH\\ \|\\ NR\end{matrix}\right. R-C\left\langle\begin{matrix}O\\ \|\\ NHR\end{matrix}\right.$$

(1) Ber., 42 2336.

Troost (1) a obtenu un grand nombre de sels incomplets de l'ammoniaque.

Soumettant le sel ammoniac pur à l'action d'un grand excès d'ammoniaque gazeuse, il obtient deux produits nettement définis caractérisés par leur point de fusion, leur structure cristalline et leur tension fixe de dissociation.

Le premier est le chlorhydrate tétra-ammoniacal

$$ClH, 4NH_3 \quad \text{fusible à } + 7^\circ$$

le second est le chlorhydrate hepta-ammoniacal

$$ClH, 7NH_3 \quad \text{fusible à } - 18^\circ$$

Il a obtenu de même les bromhydrates et iodhydrates que voici :

$$BrH, 3NH_3 \qquad IH, 2NH_3$$
$$BrH, 4NH_3 \qquad IH, 4NH_3$$
$$BrH, 7NH_3 \qquad IH, 7NH_3$$

Avec l'acide nitrique, il a obtenu un composé de 5 molécules d'ammoniaque pour 2 molécules d'acide nitrique et un autre plus riche. Avec l'acide acétique il a constaté la formation de :

$$\bar{A}H, 4NH_3 \quad \text{fusible à } +18^\circ$$
$$\bar{A}H, 7NH_3 \quad \text{»} \quad \text{à } +32^\circ$$

Si l'on applique à ces composés la théorie de Werner, on voit que l'atome d'hydrogène de la molécule d'acide met en action de nombreuses valences secondaires allant jusqu'à 7. Dans les dérivés hepta-amoniques, l'hydrogène occupe vraisemblablement le centre de la

(1) C. R. 88.579 ; 88.1267 ; 92.715 ; 94.789.

molécule et le nombre coordonné est huit. La théorie d'Abegg nous conduit à admettre que l'hydrogène et l'azote y mettent en action de nombreuses contre-valences. Il est intéressant de constater que la combinaison la plus complexe correspond pour l'hydrogène à 7 contre-valences, de telle sorte que la somme de ses valences, conformément aux vues d'Abegg, est égale à huit.

Troost (1) a également signalé l'existence de composés du type NH_4HS, nNH_3 qui prennent naissance à basse température par l'action de l'ammoniaque sur le sulfhydrate.

Briner (2) a étudié l'action de la pression sur le système $NH_3 — H_2S$ avec un excès d'ammoniaque. Lorsque la pression est suffisante, il y a absorption d'ammoniaque par le sulfhydrate, formation d'un liquide et le produit *pv* se comporte comme si la phase gazeuse se dissolvait dans le liquide proportionnellement à la pression. D'autre part la quantité considérable d'ammoniaque absorbée et le grand accroissement de la phase liquide conduisent Briner à supposer qu'il s'agit d'un phénomène particulier intermédiaire entre la combinaison et la solubilité simple.

Ce fait est d'une grande importance, car il marque nettement une dégradation continue de l'affinité qui permet de passer des combinaisons atomiques, par les combinaisons moléculaires complexes, aux solutions simples.

De même que pour le carbone il faut pour l'azote s'arrêter à la théorie de Werner, principalement à sa

(1) C. R. 88.1267.
(2) Jour. chim. phys., 4.282.

théorie des sels ammoniacaux, ou dérivés de l'ammonium.

L'azote dans l'ammoniaque possède encore une valence secondaire, qui peut être saturée par la valence secondaire de l'atome d'hydrogène de l'acide chlorhydrique ; la formation du chlorure d'ammonium doit donc être représentée d'après Werner de la façon suivante :

$$H_3 \equiv N + HCl = H_3 \equiv N \ldots HCl.$$

Comme il est difficile d'admettre que l'un des 4 atomes d'hydrogène soit uni à l'azote par une force d'affinité différente des trois autres, Werner suppose qu'il y a entre les 4 atomes une égalisation d'affinité qui a pour résultat de les lier d'une façon identique à l'azote. L'ammonium est donc finalement un complexe NH_4 formé par un atome d'azote central dont l'affinité est également partagée entre les 4 atomes d'hydrogène : à chacun de ces atomes d'hydrogène il reste encore une certaine affinité non saturée qui transforme le complexe (NH_4) en radical monovalent ; les sels d'ammonium seront donc représentés par le symbole suivant :

$$\left[\begin{matrix} N & \cdot & & \cdot & H \\ & & N & & \\ H & \cdot & & \cdot & H \end{matrix}\right] X$$

La théorie de Werner a pris en quelques années une extension énorme et on l'a appliquée avec succès à des faits nombreux et fort différents.

Hantsch (1) notamment montre par l'exemple suivant l'avantage de la théorie de l'ammonium de Werner sur la théorie ordinaire.

Le composé $B_3N\left\langle\begin{matrix}Br\\Br\end{matrix}\right.$ devrait, semble-t-il, donner sous l'action de la potasse caustique successivement les composés :

(1) Ber., 38.2164.

$$R_3N\begin{cases}OH\\Br\end{cases} \text{ et } R_3N\begin{cases}OH\\OH\end{cases} \text{ ou } R_3NO$$

Or, ces composés quoique relativement stables ne peuvent être obtenus par cette voie ; on obtient ainsi directement des composés du type R_3N.

Le mode de représentation de Werner est bien d'accord avec les faits : d'après lui on exprimera l'action de la potasse caustique sur le dérivé $(CH_3)_3 N = Br_2$ par les formules suivantes :

$$\left[\begin{matrix}CH_3 & . & . & CH_3\\ & & N & \\ CH_3 & . & . & Br\end{matrix}\right] Br + KOH = \left[\begin{matrix}CH_3 & . & CH\\ & N & \\ CH_3 & . & Br\end{matrix}\right] OH = (CH_3)_3N + BrOH$$

Cette équation est bien d'accord avec le fait expérimental que l'on ne peut obtenir ni l'oxybromure $(CH_3)_3 N\begin{cases}OH\\Br\end{cases}$ ni l'oxyde $(CH_3)_3 NO$. Hantsch va même plus loin et considère cela comme une démonstration expérimentale de la non existence de l'azote pentavalent : la non existence des pentalkylènes d'azote en est une conséquence.

Il faut encore citer ici la théorie de Cain (1) concernant les composés de l'ammonium ; voici comment il formule le chlorure et l'hydroxyde d'ammonium :

$$H_3N = ClH \qquad H_3N = OH_2.$$

Cain les considère donc comme un dérivé du chlore trivalent et comme un dérivé oxonique. On voit de suite pour le chlorure d'ammonium que la dissociation électrolytique en ions Cl^- et NH_4^+ ne peut s'expliquer qu'en admettant des migrations moléculaires très compliquées.

Hantsch (2) a d'ailleurs montré, en les appliquant à une série de réactions, le peu fondé de ces formules.

Pour terminer l'étude de la valence de l'azote il faut rappeler les travaux qui se rapportent à l'identité ou à la différence de ses unités d'action chimique.

Le premier travail à ce sujet est celui d'Hoffmann (3), qui prépare l'éthyl-amyl-aniline par deux voies différentes, en introduisant successivement les deux groupes alkyle dans la molécule ; il obtint ainsi des produits identiques. Le travail de V. Meyer et Lecco (4) conduit à la même conclusion : ils ont préparé l'iodure de diméthyl-diéthyl-ammonium en partant de la diéthylamine

(1) Journ., chem. Soc. 91.1049.
(2) Ber., 41.3532.
(3) Ann. chem., 74.158.
(4) Ber., 8.233.

et de l'iodure de méthyle, de la diméthylamine et de l'iodure d'éthyle : ils obtinrent ainsi des produits identiques.

D'autres observations conduisent à un résultat bien différent. Ainsi Ladenburg (1) obtint dans l'action de la triéthylamine sur le chlorure de benzyle un composé qui transformé en son iodure,

$$N(C_2H_5)_3 + C_6H_5 - CH_2Cl = N(C_2H_5)_3C_6H_5CH_2Cl \longrightarrow C_6H_5 \cdot CH_2N(C_2H_5)_3\,I$$

était différent du produit de l'action de la diéthylbenzylamine sur l'iodure d'éthyle,

$$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot N(C_2H_5)_2 + C_2H_5I \longrightarrow C_6H_5CH_2 - N(C_2H_5)_3\,I$$

Lossen (2) arrive à un résultat analogue dans l'étude des dérivés de l'hydroxylamine et il admet que les résultats obtenus par Hoffmann, Victor Meyer et Lecco sont dus à des transpositions moléculaires.

Pour van 't Hoff (3) les trois premières valences sont identiques entre elles, la troisième et la quatrième au contraire sont différentes : pour la représentation géométrique il admet que l'atome d'azote occupe le centre d'un cube et que ses valences sont dirigées vers cinq angles.

Comme pour le carbone, on connaît à l'heure actuelle pour l'azote de nombreux cas d'isomérie physique que l'on explique par des configurations stéréochimiques. Leur exposé sortirait du domaine de la question de la valence : on peut se borner à remarquer que les différences des composés obtenus par Ladenburg et Lossen peuvent s'expliquer par la stéreo-chimie de l'azote et que par conséquent il semble que l'on puisse se ranger aux idées de Hoffmann et de V. Meyer et Lecco.

(*A suivre*). P. Bruylants.

(1) Ber., 10.43 et 1634.
(2) Ann. chem., 175-271 ; 181-364 ; et 186.46 et 52.
(3) *Ans. über org. Chem.*, p. 80.

A PROPOS DU TABAC

AU CONGO BELGE

Parmi les excitants utilisés par les indigènes africains, le tabac occupe une place prépondérante. Il n'est cependant pas originaire de ces régions, il y a été importé. Il est curieux de voir combien vite il s'est introduit jusque dans les régions les plus centrales du continent noir, où hommes, femmes et enfants fument, chiquent et prisent le tabac et souvent même le chanvre.

Dans le Congo belge, l'introduction du tabac a été probablement faite par plusieurs voies : il doit avoir été amené du nord, du sud, de l'ouest et peut-être même par l'est.

Ces introductions par des courants différents ont probablement amené des plantes différentes.

C'est aussi de l'étranger que lui est venu le chanvre contre lequel le gouvernement de l'État Indépendant du Congo avait dû légiférer et promulguer des décrets en défendant la culture et l'emploi, car il occasionne des accidents aussi néfastes que l'opium.

Mais malgré ces ordonnances et les effets pernicieux de la fumée du chanvre, les indigènes restent fortement attachés à cet excitant et en usent en cachette malgré tous les efforts faits pour détruire les plantes que l'on trouve cultivées dans presque tous les villages indigènes.

Les voyages exécutés par les traitants d'esclaves ont

été indiscutablement la cause de l'importation du tabac au Congo, comme d'ailleurs dans toute l'Afrique tropicale occidentale.

D'après M. le Prof. Hartwich de l'Université de Zurich, les premières plantes de tabac importées en Afrique occidentale provenaient des Antilles, et une des preuves de cette assertion résiderait, pour le spécialiste zurichois, dans le fait que c'est le *Nicotiana rustica*, originaire des Antilles et encore très estimé des indigènes africains, que l'on aurait connu d'abord en Afrique tropicale (1).

Il convient cependant de remarquer qu'au Congo belge, le *Nicotiana rustica* paraît être beaucoup moins répandu que les variétés du *Nicotiana tabacum*. La première de ces deux espèces a été signalée par le Prof. G. Schweinfurth dans la région des Mangbettus, puis par des Belges dans la région des Stanley-falls et, à l'état cultivé et sans doute d'importation récente, dans le Bas-Congo. Mais la seconde de ces espèces a été signalée bien plus souvent, et la forme qui paraît le plus largement répandue, comme nous l'avons signalé dans la *Mission Laurent* (2) est la variété *brasiliensis* Comes, ce qui semblerait faire croire à une introduction brésilienne.

Cette opinion est également celle de M. le Prof. Comes, de Portici ; pour lui cette dernière plante est bien la première, de celles capables de produire du tabac, qui ait été importée en Afrique occidentale (3).

Il est intéressant de faire remarquer en passant que c'est cette même plante qui fut importée en Europe, en 1556, par le R. P. Thévet, avant que l'ambassadeur Nicot n'eût introduit la plante qui fut très cultivée et à

(1) Dr C. Hartwich, *Die menschlichen Genussmittel*. Leipzig, 1911, p.

(2) É. De Wildeman, *Mission Em. Laurent*, vol. I, p. 441 et suiv

(3) O. Comes, *Histoire, Géographie et Statistique du tabac*. Naples, 1900, p. 136 en note.

laquelle on donna en son souvenir le nom de *Nicotiana rustica* (1).

Comme le courant des esclaves s'est porté vers le Brésil également, il n'y a rien d'étonnant à ce que l'importation du tabac en Afrique, qui a pu se faire d'un côté par des plantes originaires des Antilles, se soit faite aussi par le continent sud-américain.

Malheureusement, l'étude des variétés de tabac cultivées de longue date par les indigènes congolais et même celle des races importées plus récemment par le blanc sont loin d'avoir été poussées dans notre colonie et, dans cet ordre d'idées, nous ne pourrons fournir de renseignements précis. Il y a là une enquête intéressante à entreprendre et à poursuivre pendant plusieurs années tant au point de vue botanique et agronomique qu'ethnographique et même économique.

D'après le Prof. O. Comes, le missionnaire Cavazzi, dans son *Istorica descrizione dei tre regni ; Congo, Matamba et Angola*, sans insister sur l'importance du tabac dans l'intérieur de l'Afrique, montre, dans une des figures qui accompagnent son texte, un grand seigneur indigène porté en hamac et fumant consciencieusement la pipe ; il fait voir, dans une autre gravure, la reine d'Angola fumant la pipe pendant une cérémonie funèbre qu'elle avait ordonnée en l'honneur des cendres de ses frères. Ces deux faits, notés incidemment par Cavazzi, se sont passés en 1650 ; ils prouvent qu'avant cette date l'usage du tabac avait pénétré assez loin dans l'Angola et au Congo.

Un autre fait vient à l'appui de l'origine brésilienne du tabac congolais, c'est l'opinion de Merolla, qui, dans sa *Relazione del viaggio nel regno del Congo* publiée en 1692, fait remarquer que l'on chargeait de grandes quantités de tabac dans les ports brésiliens.

(1) *Ibid.*, p. 71.

pour les transporter en Afrique où ce produit était connu sous le nom de « foumu » (1).

Il n'entre pas dans mes vues de faire, ce qui serait cependant de haut intérêt, une monographie du tabac au Congo belge ; cela me mènerait très loin, car il y a sur le sujet des documents très nombreux, mais malheureusement éparpillés ; pour les réunir et les coordonner, il faudrait faire de longues et patientes recherches. Ce n'est d'ailleurs pas le but que vise cette note ; j'ai cherché surtout à faire voir qu'il y avait là une étude intéressante à poursuivre pour le botaniste, l'agriculteur, l'ethnographe et même le commerçant, pour tous elle présente des aspects curieux et nouveaux.

Si le tabac a déjà fourni, en Afrique tropicale, des indications précieuses à l'ethnographe, il en a fourni fort peu au botaniste, très peu aussi à l'agriculteur et par suite moins encore au commerçant. D'ailleurs, on ne peut tirer des quelques essais infructueux tentés au Congo belge, sans méthode et sans suite, une conclusion sur la valeur culturale de cette plante pour notre colonie. La culture du tabac demande certains soins et sa préparation est loin d'être simple si l'on veut obtenir un produit qui plaise à l'européen.

Nous l'avons dit, le tabac, quel qu'il soit, est très estimé du noir, en général, qui lui-même est très convaincu de l'apport de cette plante, non indigène chez lui. M. Torday a recueilli à ce sujet une légende qui ne manque pas de saveur. La voici :

« Il y avait une fois un homme nommé Lusama Lumumbala qui fut saisi de l'envie de courir le Monde, c'est pourquoi il partit un jour à la recherche d'aventures et se dirigea vers l'ouest. Il fut longtemps absent, si longtemps en vérité que personne ne prit la peine de compter les années ; cinq ans ? dix ans ? personne ne le sait.

» Un soir que les villageois étaient assis autour du feu, et que l'on discutait les souvenirs du passé, l'un de ses contemporains, au fait c'était un boy, dit : « Il y a bien des années qu'un nommé Lusama Lumumbala est parti

(1) O. Comes, *op. cit.*, p. 179.

pour voir le monde ; il se dirigea vers l'ouest et doit y être mort ». Il parlait depuis quelque temps quand arriva un étranger qui venait de la route, et après les salutations ordinaires, il les appela par leur nom et dit : « Je suis Lusama Lumumbala et je reviens de mes voyages ». Grande fut la joie dans le village ; les hommes et les femmes lui apportèrent des présents et se réunirent en foule autour de lui pour le toucher et pour voir si ce n'était pas un fantôme ; ils lui apportèrent des aliments et du vin de palme, et lui demandèrent de raconter ses aventures. Il s'assit au milieu d'eux et sortit une pipe de son sac, la remplit de tabac et, après l'avoir allumée avec un tison pris dans le feu, il commence à fumer tranquillement. Les spectateurs se levèrent d'un bond, épouvantés, en criant : « Qu'est-ce qui est arrivé à Lusama Lumumbala ? Il mange du feu et boit de la fumée ! » Mais le voyageur dit : « Ne vous effrayez pas ; je vais vous expliquer ce que je fais. Pendant mes voyages je suis arrivé dans un lieu appelé Pende, dont les habitants s'appellent Tupende. Ce peuple boit la fumée de la plante qui s'appelle « Makaya ». Ils m'ont enseigné à le faire et je vous l'enseignerai. J'ai aussi apporté des graines du Makaya, afin que vous puissiez le cultiver ici ». Les gens lui demandèrent : est-ce que cela a un bon goût ? « Oui », répondit-il, et il leur tendit sa pipe afin qu'ils pussent en faire l'expérience. Le premier homme but en faisant une grimace et toussa, et tous ceux qui en goûtèrent en firent autant et ils dirent que la fumée était mauvaise. Alors Lusama Lumumbala parla comme suit : « Cette plante est une plante magique ; quand vous aurez une querelle avec votre frère et que votre cœur sera devenu si mauvais que vous prendrez un couteau pour le tuer, prenez votre pipe, buvez de la fumée et vous direz : « Pourquoi tuerais-je mon frère, qui est sorti du même sein que moi ? Je ne le frapperai qu'avec le poing ». Alors prenez votre pipe et recommencez à boire et votre cœur redeviendra meilleur et vous direz : « Pourquoi frapperais-je mon frère ? Je me contenterai de me quereller avec lui en paroles ». Reprenant votre pipe et buvant, votre cœur redeviendra doux et bon, et vous direz à votre frère : « Venez, mon frère ; je ferai cuire une poule et j'achèterai du vin de palme ; venez, vous mangerez et boirez avec moi ». Toutes les fois que votre cœur est irrité, buvez la fumée de cette herbe et la paix et le bonheur reviendront en vous ».

» C'est ainsi que les Bushongo apprirent à fumer le tabac que Lusama Lumumbala avait apporté de chez les Tupende » (1).

Ailleurs MM. Torday et Joyce rapportent l'introduction du tabac, chez les Bushongo, à Shamba Bolongongo, qui en avait appris l'usage d'un homme appelé Lokono Lon Pene (Lokono des Bapende), qui lui donna les graines de la plante (2).

L'intérêt que le noir accorde à cette plante se

(1) Origine du tabac (Bango), racontée par le Bilumbu M. E. Torday et T. A. Joyce. *Notes ethnographiques sur les Bushongo*. ANN. DU MUSÉE DU CONGO, sér. 3, t. II, fasc. 1, p. 244.

(2) *Loc. cit.*, p. 26.

montre aussi par l'art et l'esprit inventif qu'il met dans la confection de ses pipes et de ses récipients à tabac.

Les premiers voyageurs qui ont eu l'occasion de visiter le Congo ont été frappés de la diversité de ces instruments que l'on trouve actuellement dans tous les Musées d'ethnographie et dont on a vu des figures dans tous les ouvrages consacrés soit au récit des voyageurs, soit à l'étude des excitants utilisés par les nègres du continent noir (1).

Pour donner une idée un peu plus concrète de la question actuelle du tabac au Congo, il nous suffira de jeter un coup d'œil sur les données de quelques monographies d'ethnographie descriptive, publiées sous la direction de M. C. Van Overbergh, et de signaler, chemin faisant, certains renseignements fournis par des auteurs plus récents (2).

M. Gilmont rappelle, par exemple, qu'au Mayombe la culture du tabac, contrairement à celle des autres plantes, est faite par le propriétaire lui-même et qu'elle est jalousement soignée. Là bas, comme dans la plupart des régions congolaises, hommes et femmes fument, mais ordinairement les hommes d'un certain âge seuls utilisent le tabac sous forme de prise. Citons pour mémoire l'emploi du chanvre au Mayombe (3).

Chez les Bangala, le tabac seul serait fumé, le chanvre n'entrerait pas en ligne de compte ; la pipe porterait, d'après M. Hanolet, le nom de « Posongo » (4).

M. Fr. Thonner, lors de son premier voyage chez

(1) Cf. Prof. Hartwich, *loc. cit.*, p. 74, pl. 1 ; Torday et Joyce, *loc. cit.*, p. 130, fig. 114, 115, et 121.

(2) Le Bureau ethnographique fondé par M. C. Van Overbergh possède, sur cette question comme sur toutes celles qui se rattachent à la vie des populations indigènes, des documents nombreux dont nous n'avons pas voulu faire emploi ici, bien qu'ils aient été mis gracieusement à notre disposition. Nous avons préféré attendre leur publication qui doit se faire au fur et à mesure dans les monographies que prépare M. C. Van Overbergh.

(3) *Les Mayombe*, par C. Van Overbergh et E. De Jonghe, Bruxelles, 1907, p. 117.

(4) *Les Bangala*, par C. Van Overbergh et E. De Jonghe, Bruxelles, p. 113.

les Bangala a vu, dans tous les villages, du tabac en petite culture localisée au centre du village (1).

Chez les Ababua (2), tabac et chanvre sont fumés et la pipe est, dans les grandes circonstances, passée de bouche en bouche, comme dans la plupart des régions congolaises.

Chez ces peuplades, comme partout en Afrique, le tabac ne subit guère de préparation.

Une grande prédilection est accordée par les Mangbettu au tabac et au chanvre. Ce dernier semble avoir été introduit par les Arabes de la province Orientale.

Le Prof. G. Schweinfurth a déjà signalé, il y a bien des années, la manière dont les indigènes de cette région fabriquaient leurs pipes à tabac. Ils utilisaient le plus souvent une nervure de bananier et cette habitude, que le célèbre explorateur allemand signalait il y a près de quarante ans, les Mangbettu l'ont conservée jusqu'à nos jours (3).

Dans l'est du Congo, chez les Warega, M. Delhaise a noté l'usage intensif du tabac dès l'âge de dix ans et, chez certaines peuplades de la région, il est prisé à tout âge. Les Warega se sont si fortement habitués à la pipe qu'ils ne peuvent, paraît-il, rester plus d'une demi-heure sans fumer (4).

Chez les Basonge, tabac et chanvre sont également fumés. É. Laurent a, en 1897, insisté sur cette passion terrible du noir de ces régions pour le chanvre. « Le soir, dit-il, hommes, femmes et enfants, réunis autour du feu se passent le brûleur et avalent la fumée à tour de rôle. A les entendre tousser, on se croirait dans un hôpital d'asthmatiques qui vont mourir. »

(1) Fr. Thonner, *Dans la grande forêt de l'Afrique centrale*, Bruxelles 1899, pp. 23, 28, 30, 34, 42 et 45.

(2) *Les Ababua*, par Halkin et Viaene, Bruxelles 1911, p, 147.

(3) *Les Mangbettu*, par C. Van Overbergh et E. De Jonghe. Bruxelles 1909, pp. 165 et suiv.

(4) *Les Warega*, par Delhaise. Bruxelles, 1909, p. 87.

De son côté M. Schmitz rappelle que les Musongo aiment le tabac, mais préfèrent le chanvre, car le tabac, disent-ils, ne rend pas fort comme le chanvre (1).

Ayant eu, dans ces derniers temps, l'occasion de discuter la question du tabac avec un de mes anciens élèves et amis, M. A. Sapin, qui a séjourné plusieurs années dans la région du Kasai, j'ai pu obtenir de lui un certain nombre de renseignements qui pourront servir de points de comparaison pour les études à entreprendre, là et ailleurs, sur le même sujet.

Dans cette région du Kasai, intéressante à plus d'un titre, le tabac est particulièrement estimé du noir et, d'après M. A. Sapin, après le « manger » viennent pour l'indigène, en première ligne, la pipe et la prise.

Les noirs de certaines races, surtout les Banpende, les Bambala, les Bakwese et ceux du Sud Kwilu utilisent non seulement le tabac dans la pipe, mais encore sous forme de prise.

Dans toutes ces tribus le tabac semble être préparé sans grand soin ; les feuilles adultes de la base des plantes sont séchées au Soleil. Même après dessiccation elles conservent leur couleur verte. Pour en faire du tabac à priser, on les pulvérise dans de petits mortiers spéciaux et on obtient une poudre excessivement ténue, d'un très beau vert, qui est précieusement conservée dans une tabatière.

Celle-ci consiste en un récipient de forme variée, auquel l'indigène attache de l'importance ; tantôt c'est une pochette en cuir ou en peau, cousue à l'aide de fibres ou de ficelles, parfois même à l'aide de fil dérobé au blanc ; d'autres fois c'est une petite corne de bouc ou d'antilope obturée par un petit couvercle en peau.

Le noir prépare peu de tabac à priser à la fois et il

(1) *Les Basonge*, par C. Van Overbergh. Bruxelles, 1908, pp. 139 et suiv.

ne fait subir à la matière première aucune fermentation.

Il est d'usage, surtout chez les Bembala, très coquets dans leur genre, de se barbouiller le dessous du nez en prisant. Certains d'entre eux, pour bien montrer qu'ils prisent du tabac, y mélangent même un peu d'argile kaolineuse blanche et un peu de sable — ce qui constitue leur « pembe » — pour augmenter l'adhésivité de la poudre au-dessus de la lèvre supérieure.

Ils prisent d'ailleurs avec onction ; ils aspirent fortement la poudre très fine et, après une pause, parfois assez longue — une trentaine de secondes — ils la rejettent sous forme d'une sorte de brouillard par le nez et la bouche.

L'indigène offre, comme chez nous, la prise à son voisin. Cette présentation se fait en déposant un peu de poudre dans le creux de la main.

Dans les diverses régions du Kasai, la femme ne semble pas priser le tabac, mais, par contre, beaucoup le fument.

La préparation du tabac à fumer se fait un peu différemment ; après avoir enlevé les feuilles du plant, l'indigène ne les coupe pas en morceaux, mais les pulvérise grossièrement en les frottant entre ses mains.

On fume dans des pipes de formes très diverses, mais en général, du moins avec les pipes indigènes, la fumée qui est aspirée est lavée par son passage à travers un récipient qui contient de l'eau.

Dans les régions du Kasai, le tabac est ordinairement fumé en société ; comme très souvent en Afrique, les indigènes forment cercle autour du chef de la bande, de l'invité ou du grand orateur. Une seule pipe sert pour tous, elle se passe, ou plutôt s'arrache des mains. Ordinairement un gamin est chargé du soin de la bourrer et de l'apporter au chef, surmontée d'un charbon ardent.

En voyage, l'indigène du Kasai n'emporte ordinairement pas sa pipe, mais par contre il conserve fréquemment sur lui, enroulé dans un coin du pagne, une petite provision de tabac.

La pipe est d'ailleurs souvent très encombrante, surtout la pipe à calebasse fréquemment ornée ou même bardée de clous à tête dorée.

Arrivé dans un village, le noir en voyage a vite obtenu une pipe en prêt; celle-ci s'accorde sans grandes difficultés, car le prêteur et ses amis sont admis à profiter de la bonne aubaine.

Comme dans les grandes séances, le nouvel arrivant commence l'opération, il aspire fortement une bouffée de fumée, la renvoie, tousse et passe la pipe à son voisin. Parfois dans de telles réunions l'un ou l'autre se risque à aspirer une deuxième bouffée, mais cela est vu de mauvais œil et considéré comme très peu poli, car tous les autres participants du cercle attendent anxieusement leur tour !

Et de fait la désillusion serait grave si la pipe leur arrivait épuisée, car vidée elle est rarement rechargée de suite. Le tabac est rare, il faut l'épargner et en réserver pour les haltes futures.

Le fait de prêter une pipe est également signalé par M. Schmitz, chez les Basonge (1). « En voyage, nous dit M. Schmitz, le Musongo n'emporte jamais sa pipe — c'est un meuble encombrant — il n'emporte que son tabac » et celui qui a prêté la pipe a le droit de « fumer avec ».

Il peut se faire, lors d'une halte forcée loin des villages, que le noir ne puisse se procurer une pipe. Son vif désir de fumer l'amène alors à fabriquer sur place ce qui lui manque. Une feuille coriace, un morceau de fer blanc est vite transformé en fourneau et le tuyau,

(1) *Les Basonge*, par C. Van Overbergh. Bruxelles, 1908, p. 140.

rameau de graminée, bambou ou fragment de tige de ricinier, y est vite adapté.

Si de tels éléments ne se trouvent pas sous la main du voyageur, il peut trouver dans le pétiole de la feuille du papayer, très répandu, rempli à la base, une pipe naturelle qu'il a vite arrangée. Quand tout cela lui fait défaut, il lui reste la ressource de transformer une bouteille d'origine européenne en une pipe bizarre, mais qui marche tout de même.

A défaut de ces pipes déjà variées, M. Sapin a vu des indigènes, désireux de fumer, creuser en terre deux trous reliés entre eux par un conduit étroit ; l'un est transformé en fourneau et reçoit le tabac, à l'autre plus petit est adapté un tuyau. Cela ne marche pas toujours fort bien, mais cela suffit pour charmer les loisirs du noir qui s'accroupit devant cette pipe d'un genre particulier.

M. Schmitz a vu chez les Basonge creuser des pipes dans le sol de la même façon. Le Musongo choisit pour cela de la terre bien dure et creuse les deux trous dont le plus grand a environ 3 centimètres de diamètre. Il a vu les hommes chacun à leur tour venir se placer devant la pipe improvisée, prendre avec précaution le tuyau en bouche et tirer une bouffée (1).

M. Sapin a vu fabriquer une pipe plus bizarre encore. Elle était entièrement creusée dans la paroi d'une termitière. Une cavité relativement grande forme le fourneau et par un canal qui s'ouvre à la base et vient aboutir à l'extérieur l'indigène aspire la fumée en appliquant les lèvres directement contre la paroi de la termitière. On voit que quand le noir désire fumer et qu'il a sur lui du tabac, il trouve toujours le moyen de satisfaire son envie.

Quand l'européen offre un cadeau à un indigène, il

(1) *Les Basonge, loc. cit.*

est en général fort difficile de juger, à la physionomie du noir, si l'objet le satisfait, sauf s'il s'agit de tabac, on voit alors sa figure s'épanouir et, s'il a avec lui sa pipe, elle est vite bourrée. Mais le plaisir est aussitôt partagé, car à peine notre homme a-t-il commencé à fumer que l'on voit arriver en tapinois amis ou simples connaissances, qui viennent aider l'heureux possesseur de tabac à fumer sa pipe ; on forme cercle et les langues se délient !

MM. Torday et Joyce signalent une autre méthode de fumer qu'il est intéressant de noter. On fume, disent-ils, chez Basongo Meno, le tabac dans des pipes grossières consistant en bâtons courbés à l'extrémité desquels on fixe une petite calebasse en guise de fourneau. Dans cette calebasse on place de la fibre de rephia, celle-ci est imprégnée de nicotine et elle s'emploie en voyage en lieu et place du tabac, en l'absence de ce dernier (1).

Quand, pour allumer sa propre pipe ou son cigare, le blanc a employé une allumette dont le bois est teinté en rouge, le noir s'empresse de la ramasser et de la fourrer dans le trou du lobe inférieur de l'oreille ou dans sa perruque.

Tout cela se passe seulement dans les régions où le noir a encore eu peu de contact avec le blanc ; car chez les Bakongo, Museronghe, certains Buluba, Batetela et Lundu, partout où la civilisation a commencé à agir, on voit le noir fumer à la mode européenne ; il fabrique lui-même sa pipe ; les Bayazi du Kwilu font les fourneaux en terre cuite, les Kanioka, Bakete, Barkutshu, Bakuba fabriquent le tuyau et le fourneau en bois, garnis de sculptures particulières qui caractérisent d'ailleurs toute la région du Kasai (Pl. Fig. 1 et 2).

Le fourneau au lieu de porter simplement des des-

(1) Torday et Joyce, *loc. cit.*, p. 276.

Pipes des Bakuba. Fourneau et tuyau en bois sculpté. Têtes de femme (3, 4) un os de singe sert d'embouchure (1, 2, 4).

Pipe des Bayaka. Fourneau en terre cuite, tuyau en bois sculpté représentant une femme.

D'après des photographies communiquées par le Musée du Congo. Ministère des Colonies.

sins géométriques, des lignes droites qui s'entrecroisent et des lignes droites et courbes mélangées est parfois une figurine, dans l'exécution de laquelle l'indigène montre cet art particulier, qui a attiré l'attention sur ses produits (Pl. Fig. 3 et 4).

Parfois le tuyau de la pipe est lui-même une figurine, une représentation d'indigène, homme ou femme, en pieds, comme nous le montre une pipe Bayaka conservée au Musée de Tervueren (Pl. Fig. 5 et 6).

On peut trouver de telles pipes sur les marchés indigènes et bien des factoriens ont introduit au Congo des pipes ordinaires que le noir contrefait parfois ou qu'il se procure par achat ou échange.

Ces pipes sont précieusement emportées en voyage, elles sont jalousement conservées, excitent la convoitise des spectateurs et ne se passent très généralement plus de main en main ; elles sont devenues propriété personnelle.

Les Bimbadi de la région de Demba (entre Lusambo et Luebo), d'origine angolaise et déjà relativement civilisés, ont même acquis une spécialité dans la fabrication des pipes en bois sculpté, qu'ils viennent présenter sur les marchés et que les européens achètent très souvent pour leur usage.

La partie sculptée est en bois tendre, elle représente un homme assis sur le fourneau de la pipe, une bête à corne, telle une vache, ou un autre personnage ou animal; souvent même le sujet est monté sur pieds, ce qui permet de déposer la pipe sans la renverser.

La partie du tuyau qui doit être mise en bouche est faite en bois plus résistant.

Le fourneau est garni à l'intérieur d'un morceau de fer blanc, pris dans le métal d'une boîte à conserves quelconque, de façon à être protégé contre le feu.

D'après les renseignements recueillis sur place par M. Sapin, ces Bimbadi, qui ont montré un degré de

civilisation relativement avancé, paraissent actuellement rétrograder.

Les anciens Bimbadis étaient les serviteurs d'un Portugais influent établi, il y a des années à Demba, longtemps avant l'arrivée des envoyés de l'Association africaine. Ce chef s'occupait de traite, d'élevage et de culture et il avait amené avec lui un certain nombre d'Anglais, dont plusieurs savaient lire et écrire le portugais. M. Sapin a rencontré quelques-uns de ces vieux, lors d'un passage dans la région en 1909.

Aussi y avait-il autrefois dans cette région très prospère de grandes cultures et beaucoup de gros et de petit bétail.

Par suite de la suppression du commerce des esclaves et peut-être aussi par suite des exigences du Gouvernement relatives à l'impôt, ces Bimbadi se sont dispersés et peu à peu ils sont retournés à l'état sauvage. On ne rencontre plus que très rarement de ces vieux Congolais, écrivant le portugais, et de religion catholique. Ils se sont alliés petit à petit aux Lulua entre lesquels ils vivent, mais dont ils se différencient encore actuellement par leurs mœurs et leurs coutumes.

Actuellement cependant ils ne possèdent plus de gros bétail et le petit bétail est très réduit ; ils ne cultivent plus sur une large échelle, le tabac cependant est par eux comme par les Lulua assez intensément cultivé.

Ces indigènes fabriquent également de l'alcool avec du maïs et du millet à chandelle germé, et ils possèdent des alambics de distillation qui, tout en étant rudimentaires, leur fournissent la liqueur estimée par les noirs congolais tout aussi fortement que le tabac.

Le plus simple de ces alambics est constitué par un récipient en terre cuite muni d'un goulot étroit dans lequel s'adapte le canon recourbé d'un vieux fusil ; le canon est refroidi par des chiffons. Il faut noter que ces Bimbadi ne se contentent pas de faire une distil-

lation. très souvent ils rectifient leur premier distillat par une nouvelle distillation.

C'est à Demba que la compagnie du Kasai a établi son école dirigée par les R. P. de Scheut ; cette école a fait ici surtout des progrès, parce que les vieux indigènes, se rappelant sans doute leurs propres études, engagent les jeunes à s'instruire, alors que dans la plupart des autres régions congolaises, il y a de la part des anciens une certaine opposition à l'enseignement.

Bien que très estimé par les noirs, il est curieux de voir, qu'à de rares exceptions près, le tabac n'est pas intensément cultivé par eux. Et cependant cette culture ne peut être considérée comme difficile. On ne trouve en général dans la région du Kasai que quelques pieds de tabac autour des cases, souvent sur les tas de déchets provenant du balayage des habitations. Parfois on entoure les quelques plantes d'une légère palissade, mais malgré ce soin rudimentaire le noir manque en général de tabac.

Le tabac n'est d'ailleurs pas cultivé comme chez nous, le noir n'a pas appris qu'il est avantageux d'empêcher la plante de fleurir ; il la laisse fructifier et c'est ainsi, d'elle-même, que la plante se reproduit, sans soins de culture.

L'indigène suit la maturation de son tabac régulièrement ; tous les jours il va examiner la plante et, s'il n'a plus de tabac, il attend patiemment que la feuille soit mûre avant de la cueillir, car jamais il ne fume de tabac jeune.

Il y a d'ailleurs, à la faible extension de la culture du tabac, deux raisons principales. La première, c'est que le noir craint d'être volé. Si cette plante était cultivée loin des habitations, en plein champ, près des autres cultures vivrières, les feuilles mûres seraient enlevées les unes après les autres ; de tels vols s'observent

fréquemment même dans les potagers des Européens où parfois ceux-ci cultivent du tabac pour leur usage.

La seconde raison est la paresse. Le noir ne veut pas s'astreindre à cultiver, et comme dans la région du Kwilu et du Kasai les femmes ne fument guère, elles se désintéressent de cette culture.

Les terrains généralement choisis par l'indigène pour la culture des quelques plantes nécessaires pour sa consommation ne sont pas seulement les amas de déchets provenant de l'alimentation et du balayage, mais aussi le voisinage de vieilles souches d'arbres brûlés, pourrissant dans le sol, ou encore celui des termitières.

Naturellement le tabac pousse fort bien dans les terres récemment déboisées. A Lukombe, poste de culture important de la Compagnie du Kasai, dans le Kwilu, les plantations d'irehs étaient partiellement envahies par des plantes de tabac et l'indigène avait soin, lors du nettoyage de la plantation, de respecter ces plantes qui procuraient une véritable culture intercalaire. Était-elle bien spontanée ? Le noir n'avait-il pas un peu aidé la nature ?

Comme nous le disions plus haut, à la faible extension de la culture du tabac il y a quelques exceptions dans le Kasai. A ce propos M. Sapin cite ce qui se passe chez les Bimbadi de la région de Demba. Chez eux le tabac est assez largement cultivé, on en rencontre des champs de plus d'un hectare dans lesquels les plantes sont mises en lignes et cultivées sans écimage.

Dans le voisinage des Missions, la culture du tabac s'est aussi étendue, mais là elle a subi, naturellement, l'action directe du blanc.

Dans l'Entre-Kwilu-Kantja, la culture du tabac était prospère il y a quelques années, et y donnait lieu à un trafic annuel de quelques tonnes.

Les postes d'Eolo et de Luano achetaient le tabac aux indigènes et l'expédiaient dans d'autres régions, en particulier dans les postes de la steppe, où le tabac est rare par suite du manque de terrains appropriés à la culture.

Il y avait là un commerce intérieur qui pourrait être développé, car ce produit servait et peut encore servir de produit d'échange ; par lui on peut obtenir du caoutchouc.

Malheureusement, par suite de circonstances diverses, plutôt accidentelles, les indigènes montrent une tendance accusée à réduire leurs cultures de tabac. Cependant cette région pourrait devenir un véritable centre de culture de cet excitant qui trouverait aisément un débouché, même en l'Europe, car il est de bonne qualité.

Les noirs emballent fort bien le produit qu'ils présentent sur leurs marchés sous des formes variées.

Il y aurait même lieu de croire, vu les soins de préparation du produit dans cette petite région, qu'un blanc a initié, il y a quelques années, le noir à faire du bon tabac dans l'Entre-Kwilu-Kantja.

Dans la région d'Eolo-Luano, le tabac est présenté en marottes ; ailleurs il est mis en vente sous forme de tresses ou sous forme de masses dures. Celles-ci sont faites en contusant dans un mortier de bois les feuilles fraîches ; la pâte ainsi obtenue est malaxée dans les mains, pressée dans de petits paniers et séchée au soleil. Elles se présentent donc en cônes de couleur noire ou verdâtre sur lesquels se marquent les côtes du panier dans lequel elles ont été pressées.

Le tabac en tresses est jaunâtre, il rappelle la couleur du tabac européen.

Mais le cas de réserves destinées à la vente est plutôt rare, bien que sur beaucoup de marchés congolais on puisse trouver du tabac ; en général, l'indigène

prépare le tabac dont il a personnellement besoin, et sa prévoyance est très limitée ; ordinairement en saison sèche, quand la plante a achevé sa croissance, il est pris au dépourvu et est amené à mendier, à profiter de la pipe d'un voisin ou ami, plus heureux que lui.

Quant au chanvre dont nous avons été amené à signaler l'utilisation en même temps que celle du tabac, nous avons pu recueillir dans nos entretiens avec M. Sapin quelques données assez intéressantes.

Dans presque tous les villages de la région du Kasai on rencontre le chanvre, mais en petite quantité, une ou deux plantes près des cases ou sur un tombeau.

Vraiment cultivé, il n'a été observé par M. Sapin que dans la région du Lulua, entre autres à Thimbumbang près de Kapulumba (Luluabourg) ; là, en 1906, il a rencontré des champs de chanvre de plusieurs ares.

D'ailleurs les Lulua fument énormément le chanvre. La tige entière est utilisée ; après une dessiccation rapide elle est pulvérisée.

Chez les Musongo le chanvre est, d'après M. Schmitz, découpé en morceaux, séché au soleil, puis tané dans un mortier avec du sel ou de la potasse et un peu d'huile. On obtient ainsi une masse solide, qui est mise à sécher sur le toit de la hutte ; à ce mélange on ajoute parfois du tabac. C'est la femme qui fait cette préparation.

Quand on veut fumer, on prend un morceau de la masse que l'on émiette dans le fourneau de la pipe (1).

On fume le chanvre dans une pipe faite généralement d'une grosse calebasse dans laquelle on a adapté un réservoir en bois dur, en métal ou en terre cuite.

On fume rarement le chanvre en se passant la pipe, celle-ci paraît, chez les Lulua, devenue propriété per-

(1) *Les Basonge, loc. cit.*

sonnelle. Hommes et femmes, femmes surtout, se rendent souvent aú marché avec leur pipe et fument même en allaitant leur enfant.

Les indigènes Lulua fument souvent le chanvre dès le matin, et l'après-midi ils sont parfois si complètement abrutis qu'il devient difficile de leur faire comprendre quelque chose.

Le noir apprend très vite à fumer le chanvre et s'attache à cet excitant. M. Sapin, ayant dû s'arrêter avec sa caravane dans un village Lulua pendant quelque temps, a vu les hommes et surtout les femmes prendre très rapidement cette funeste habitude de fumer le chanvre. Au lieu de préparer la nourriture des hommes, elles allaient en cachette fumer du chanvre dans les cases de Lulua, et on devait les ramener ivres-mortes au camp.

Il pense que malgré tous les efforts, il sera dans certaines régions difficile de vaincre cette passion du noir pour le chanvre ; cela sera en tous cas une œuvre de longue haleine, car le noir est trop attaché à cet excitant pour ne pas lutter énergiquement contre celui qui voudra lui supprimer ce plaisir sensuel.

É. De Wildeman.

LA PORTÉE PRATIQUE

DES

RECHERCHES D'ANTHROPOLOGIE PÉNITENTIAIRE

Le terme « anthropologie pénitentiaire » réclame quelque précision. Par *recherches anthropologiques dans les prisons,* il faut entendre l'étude des délinquants comprise dans son sens le plus large et s'étendant à leur hérédité, à leurs tares constitutionnelles ou morbides, à leur morphologie, à leurs acuités sensorielles, au fonctionnement de leur appareil nerveux, enfin au domaine, plus subtil mais combien plus intéressant, de la psychologie et du développement moral des délinquants.

A côté de cette analyse systématique de leur personnalité physique, fonctionnelle et morale, il convient de faire une part tout aussi large à l'étude si complexe des facteurs mésologiques et des influences sociales criminogènes. Disons tout de suite que ces recherches doivent se faire à un point de vue éclectique, seule méthode qui donne de bons résultats en anthropologie criminelle.

Mais quelle peut-être la portée pratique des recherches anthropologiques *dans les prisons ?*

La question s'impose après le bruyant insuccès des théories lombrosiennes, car l'exagération même et la généralisation hâtive de la thèse biologique de la cri-

minalité ont jeté la suspicion sur toutes les recherches de ce genre, si consciencieuses soient-elles.

Tout autant que l'engouement enthousiaste pour le dogme du criminel-né, la réaction, excessive dans son intransigeance, qui en fut la conséquence, fit marquer le pas pendant de longues années à l'observation et à la science pénitentiaires. Il semble que l'heure soit venue où, dédaignant le scepticisme et les railleries des uns, l'hostilité des autres, les travaux d'anthropologie criminelle, dégagés des vaines préoccupations d'école et cantonnés sur le terrain solide de l'observation méthodique et positive des faits, s'imposent irrésistiblement à l'attention de tous ceux que la recherche de la vérité scientifique ne saurait laisser indifférents.

C'est à la faveur de ce mouvement que nous avons vu surgir, à côté d'initiatives privées en quête d'une documentation plus ou moins complète sur l'anthropologie et la psychiatrie des délinquants, des laboratoires universitaires de criminologie dont le champ d'études varie beaucoup. Les uns, comme celui de Reiss à Lausanne et celui de Stockis à Liége, s'adressent spécialement aux recherches et à l'enseignement de la police scientifique ; d'autres sont destinés à fournir aux futurs magistrats, aux avocats et aux médecins légistes les notions essentielles de l'état de délinquance ; d'autres enfin, comme le laboratoire de Lacassagne à Lyon, et l'Institut médico-légal de Paris, s'attachent plus particulièrement aux travaux de médecine légale.

A Naples, à Turin, à Pérouse, en Russie, à Madrid, à Giessen notamment, existent des chaires d'anthropologie criminelle réalisant plus ou moins parfaitement l'institution universitaire préconisée récemment par le professeur Hans Gross, de Graz ; son programme comprendrait, outre une série de cours, l'organisation d'une bibliothèque, d'un musée et d'un laboratoire

criminologiques et la publication d'une revue périodique.

Aux États-Unis, malgré l'appui de puissantes sociétés scientifiques et d'institutions universitaires d'anthropologie criminelle, Mac Donald n'est pas encore parvenu à réaliser son vaste projet de laboratoire gouvernemental pour l'étude des criminels et des anormaux.

Jusqu'en ces dernières années, les administrations pénitentiaires étaient demeurées réfractaires à l'organisation de recherches systématiques d'anthropologie *dans les prisons*. On peut signaler, il est vrai : en Espagne, l'École de Criminologie de la prison de Madrid, où les fonctionnaires des établissements pénitentiaires reçoivent un enseignement comportant des notions générales de droit pénal, de psychologie, de pédagogie des anormaux et un cours d'anthropologie générale et criminelle ; en Italie, dans les institutions réservées aux délinquants mineurs, des cabinets d'anthropométrie et de psychologie pédagogiques ; en Allemagne, dans les grands centres pénitentiaires, des sections d'observation psychiatrique. Mais il n'existe pas à vrai dire, en ces différents pays, de laboratoires pénitentiaires ayant en vue d'organiser d'une manière méthodique des recherches d'anthropologie criminelle chez les délinquants *en vue de déterminer les conditions de leur traitement physique et moral en prison*.

Cette conception nouvelle des études de criminologie intéressait vivement l'administration pénitentiaire de notre pays. La Belgique n'eût-elle pas toujours à honneur d'instaurer en cette matière les réformes utiles et pratiques, telles que l'organisation du travail dans les prisons, le système cellulaire, le service de la comptabilité morale des détenus, etc., elle se devait d'être la première à créer un laboratoire de recherches anthropologiques chez les délinquants.

L'initiative de M. Renkin, alors Ministre de la Jus-

tice, instituant un laboratoire d'anthropologie pénitentiaire à la prison de Bruxelles (Minimes), sur la proposition de M. Gonne, Directeur général des Prisons et de la Sûreté publique, fut unanimement applaudie par la presse scientifique et politique et par les sociétés de criminologie de tous les pays.

Transférée aujourd'hui à la nouvelle prison de Forest, la nouvelle institution pénitentiaire fut définitivement organisée par arrêté royal, en date du 13 novembre 1910, à la suite d'un rapport adressé au Roi par M. De Lantsheere qui avait succédé à M. Renkin au Ministère de la Justice ; la méthode de recherches qu'elle consacre vient de recevoir l'adhésion unanime des nombreux criminalistes étrangers, réunis à Cologne à l'occasion du VIIe Congrès d'anthropologie criminelle (octobre 1911).

Il serait injuste de ne pas signaler, dans le même ordre d'idées, l'institut de criminologie que dirige le Professeur Ingegnieros au *Penitenciaria nacional de Buenos-Aires ;* quoiqu'orientées plus spécialement vers le domaine de la psychologie criminelle, les recherches de cette institution ont aussi pour objectif d'inspirer le traitement moral et intellectuel des détenus. Ajoutons aussi qu'en Angleterre une enquête médicale, organisée sous les auspices de la Commission des Prisons, a porté sur trois mille délinquants condamnés à des peines de trois ans et plus ; ses résultats seront publiés ultérieurement. Enfin, pour terminer cette revue sommaire des institutions universitaires et pénitentiaires d'anthropologie criminelle, citons la note suivante que la presse scientifique française a accueillie avec faveur :

« Le garde des sceaux vient de décider la création d'un laboratoire d'anthropologie criminelle dont l'organisation a été plusieurs fois demandée au Parlement, et qui constituera une véritable *Clinique du délit.* En vue de rechercher les conditions pratiques dans les-

quelles ce service pourrait être organisé au Ministère de la Justice, une Commission vient d'être instituée comprenant des personnalités éminentes du monde politique, scientifique, professoral et administratif. » Le distingué Professeur à l'École d'anthropologie de Paris, le Dr Papillault, est venu étudier sur place le fonctionnement du laboratoire pénitentiaire de Forest et tout fait prévoir la prochaine réalisation de son projet de service criminologique. Un crédit a été porté au budget de la Justice de 1912 pour l'organisation du service anthropologique qui sera rattaché au Service de la Documentation criminelle.

Il n'est plus possible aujourd'hui de considérer l'œuvre pénitentiaire comme un moyen de pure répression, la peine devant toujours exactement se proportionner à la gravité du délit, quelle que soit d'ailleurs l'individualité constitutionnelle ou psychique de son auteur. D'autre part, il ne faut pas y voir exclusivement un moyen d'éducation morale et de relèvement social des délinquants. On doit hélas ! le reconnaître : si la crainte du châtiment demeure habituellement impuissante à retenir les criminels sur la pente de la récidive — les peines modernes sont trop douces, les prisons confortables, au surplus, tous se flattent d'y échapper — les efforts dévoués et éclairés du haut personnel pénitentiaire pour amender les détenus qui leur sont confiés, ne sont que trop souvent voués à l'insuccès.

L'œuvre pénitentiaire doit avoir pour objectif principal de mettre la société à l'abri des tentatives criminelles ; peu importe d'ailleurs que celles-ci, froidement délibérées, soient exécutées avec le cynisme et l'amoralité de nos délinquants modernes, ou qu'on puisse les interpréter comme la réaction symptomatique d'un

déséquilibre mental. *Conscient ou non, responsable ou non, le criminel doit être mis hors d'état de nuire.*

Mais une organisation pénitentiaire basée sur le principe de la défense sociale n'est possible, n'est défendable qu'à condition de l'orienter à la lumière d'une documentation biologique sévère et méthodiquement organisée chez tous les délinquants.

Il serait, en effet, profondément injuste et inhumain de confondre dans une même répression, de soumettre à une même forme de détention tous les individus qui peuplent nos prisons. Ce serait tout aussi antiscientifique que de prescrire une thérapeutique et un régime uniformes aux nombreux malades de nos hôpitaux.

Et l'analogie est ici plus saisissante qu'on ne pourrait le croire à première vue. Car, à bien y réfléchir, il est difficile de ne pas considérer comme de vrais malades ou des infirmes un bon nombre de délinquants.

Certes, il se trouve parmi eux des hommes sains de corps et d'esprit, que la défaillance morale ou l'impulsion passionnelle, de plus en plus fréquentes de nos jours, ont conduits au délit; ici le mal est moral, l'étiologie sociale, la guérison possible. Pour d'autres, individualités pathologiques, le crime paraît être une manifestation involontaire sinon inconsciente de tares biologiques lourdes et incurables; chez eux la maladie est constitutionnelle ou psychique, le traitement ne pourra qu'être palliatif. Il en est d'autres encore, et c'est l'énorme majorité, chez qui les facteurs sociaux, les tares éducatives, les lésions constitutionnelles et les intoxications acquises se combinent à des degrés divers. Nous sommes ici en présence du groupe imposant des délinquants d'habitude, des récidivistes professionnels. Pour être peu sympathique, leur état morbide n'en est pas moins réel ; il est chronique et se complique habituellement au point de devenir incurable.

Et ce n'est pas un des aspects les moins troublants

de la question de la criminalité que l'évidence de ce fait, observé déjà en pathologie interne, du nombre extrêmement restreint de cas classiques.

En pathologie criminelle on peut passer presque sans interruption de l'homme normal à l'aliéné criminel ; partant des faibles et des exaltés que la passion ou l'aboulie pousse au délit, on arrive par une gradation à peine perceptible aux délinquants d'habitude, aux professionnels du crime, aux dégénérés profonds, aux délinquants par folie criminelle intermittente ou toxique et par ceux-ci aux vrais déments.

Bien plus, comme j'ai eu l'occasion de le démontrer dans une étude sur la classification des délinquants, aussi soigneusement que puisse être fait le diagnostic psychiatrique et anthropologique des détenus au moment de leur condamnation, ce classement peut ne pas être définitif.

Il en est parmi eux qui subissent ce que l'on pourrait appeler l'*évolution criminelle ;* amendables aujourd'hui parce que normaux en apparence ou superficiellement déviés, ils reviendront en prison demain pour un délit plus grave, commis sous l'influence de tares pathologiques, destructives de l'équilibre mental, telles que l'alcoolisme pour ne citer que la plus fréquente, ou en proie déjà au processus de démence qui constitue leur inéluctable destinée.

Ce polymorphisme indiscutable de l'état de délinquance n'est-il pas la meilleure justification des recherches systématiques d'anthropologie criminelle dans les prisons ? Je ne m'attarderai donc pas à les défendre dans leur principe et j'en viens immédiatement à l'exposé sommaire des travaux criminologiques exécutés au laboratoire de Forest.

Le laboratoire d'anthropologie pénitentiaire a été institué en novembre 1907, par M. Renkin, Ministre de la Justice. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un

organisme scientifique ayant pour objectif l'étude des caractères anthropologiques des détenus *condamnés*. Il ne faut donc pas confondre ce laboratoire, dont le champ d'activité se limite exclusivement au milieu pénitentiaire, avec les instituts de police scientifique, les services d'identification judiciaire et les laboratoires de médecine légale, qui s'occupent spécialement de prévenus et ont pour but de faciliter la tâche des magistrats instructeurs.

Le discours prononcé par le Ministre de la Justice, lors de la discussion de son budget en 1908, précise nettement la portée de la nouvelle institution pénitentiaire.

L'étude anthropologique des individus condamnés s'étendra à l'ensemble des caractères anatomiques, psychiques, sociologiques et criminologiques, qui constitue l'individualité propre du délinquant.

Le laboratoire sera avant tout un centre d'études pénitentiaires où se recueilleront, se classeront et se synthétiseront les divers documents relatifs à la criminalité en Belgique. Il aura encore pour mission de suivre les travaux d'anthropologie criminelle et de science pénitentiaire parus en d'autres pays, de publier les résultats des recherches chez les délinquants belges et de correspondre régulièrement avec les organisations similaires de l'étranger.

Installé provisoirement à la vieille prison des Minimes, à Bruxelles, le laboratoire d'anthropologie pénitentiaire a été transféré, depuis le mois de janvier 1911, à la nouvelle prison de Forest, où des locaux lui avaient été réservés. Dans cet établissement pénitentiaire vraiment moderne, il est possible de poursuivre les études d'anthropologie criminelle dans d'excellentes conditions scientifiques et matérielles. Outre une population importante de délinquants des deux sexes, la nouvelle prison de Forest reçoit annuellement de nombreux con-

tingents de détenus de simple police, de vagabonds et de mendiants, et aussi de passagers étrangers, constituant des milieux sociaux très intéressants à observer et à comparer avec la population pénitentiaire proprement dite.

La disposition des locaux affectés au laboratoire d'anthropologie est heureusement adaptée aux exigences réglementaires du service intérieur dans une prison renfermant des délinquants des deux sexes.

Un large couloir réunit deux salles d'examen situées, l'une dans le quartier cellulaire réservé aux femmes, l'autre dans le quartier des hommes. Une salle est spécialement affectée aux mensurations anthropologiques, une autre à l'examen médical et psychiatrique. Dans la galerie se rangent les bibliothèques de livres et de périodiques, les instruments, les tableaux et les divers appareils destinés à l'examen du système nerveux et des organes des sens.

En raison de cette disposition des locaux, les détenus amenés par une surveillante religieuse qui assiste à l'examen, ou par un surveillant affecté spécialement au service du laboratoire, peuvent être examinés dans des conditions de discrétion et de sécurité parfaites.

Le mobilier et une partie de l'outillage scientifique du laboratoire ont été confectionnés dans les établissements pénitentiaires belges ; la bibliothèque comprend la plupart des ouvrages de psychiatrie et de criminologie contemporaine ; la section des périodiques est abonnée aux principales revues de criminologie.

Une collection d'instruments nécessaires aux mensurations anthropologiques, à l'examen médical, à l'exploration du système nerveux et des organes des sens complète l'outillage scientifique du laboratoire. Un crédit spécial pour achat de livres, un crédit annuel pour périodiques et pour l'acquisition d'instruments sont mis à la disposition du directeur du laboratoire.

Voici la méthode qui a été adoptée pour l'examen des délinquants ; une feuille-questionnaire, dont l'ordre est rigoureusement suivi dans toutes ses parties, en règle la marche, sauf pour certaines observations soulevant des questions spéciales (état mental, affection médullaire, syphilis nerveuse) et qui comportent des recherches supplémentaires.

Notre investigation s'étend, comme on pourra le constater, à un nombre considérable de points, dont quelques-uns susciteront peut-être des réserves, leur intérêt criminologique paraissant discutable. A nos yeux, leur valeur est strictement documentaire et leur recherche n'implique nullement une relation bien établie entre leur objet et l'état de délinquance.

D'ailleurs, il sera plus facile d'éliminer ultérieurement les éléments de notre enquête que l'expérience aura démontré être superflus que de devoir les reprendre après coup ; on risquerait ainsi d'aboutir à des résultats incomplets, partant à des conclusions contestables, pour avoir négligé tel ou tel facteur du problème, considéré comme essentiel par quelque criminaliste.

Il est inutile d'ajouter que nos recherches se font sans esprit préconçu, sans souci de défendre une thèse criminologique quelconque. Enfin sur certains points de notre enquête, dont il importera de contrôler la normalité sociale, fonctionnelle ou biologique, des recherches parallèles seront faites chez les gens honnêtes.

Envisageons rapidement les diverses parties de notre questionnaire.

La première concerne les *Renseignements généraux et administratifs.*

Je ne vois à signaler, à côté des éléments précis du dossier administratif et judiciaire, consultés à titre de contrôle, que le récit, *demandé au détenu*, des circonstances du délit, de son passé social, des faits qui ont

entraîné sa condamnation. Quand son degré de culture intellectuelle le permet, nous prions le délinquant d'écrire à notre intention son *curriculum vitæ*.

Ici une objection importante se présente d'elle-même : Peut-on se fier aux déclarations du détenu ? — Nous répondons : oui ; il n'a aucun intérêt à nous induire en erreur. Nous n'examinons, en effet, que des délinquants dont la condamnation est *acquise* et dont la culpabilité est *avouée*, tout ou moins en ce qui regarde la matérialité des faits.

Au surplus, l'intéressé est prévenu que notre enquête n'a qu'une portée exclusivement scientifique et pénitentiaire, que les renseignements fournis par lui seront contrôlés et qu'il peut parler sans réticence ni appréhension, le dossier anthropologique demeurant confidentiel. Dans ces conditions, il se prête de bonne grâce à nos questions — dix détenus jusqu'à présent se sont refusés à notre examen et nous n'avons pas insisté — du reste, l'expérience nous l'a démontré, il se rencontre fort peu d'inexactitudes dans le récit des délinquants.

Certes, cet exposé nous les dépeint sous le jour le plus favorable, mais cela importe peu en l'occurrence ; nous n'avons pas à instruire leur cause qui est définitivement jugée. Au surplus, nous n'aurions garde d'intervenir pour rectifier leur récit, car celui-ci est appelé à nous fournir des données psychologiques intéressantes sur l'intelligence et la valeur morale du détenu ; il nous renseigne aussi sur sa sincérité et sur son sens social.

Hérédité. — Ce chapitre n'exige pas grandes explications. Le passé pathologique des ascendants et des collatéraux met en évidence les diathèses familiales ; la même investigation au point de vue des affections mentales, du suicide, de l'alcoolisme est de puissant intérêt ; certaines familles paraissent vouées à l'éthylisme, aux morts violentes ; d'autres ont envoyé plusieurs de leurs membres en prison, à l'asile d'aliénés ou au dépôt de

mendicité ; la recherche des affections vénériennes chez les ascendants est délicate ; elle demeure habituellement stérile, le délinquant ignorant ce côté intime du passé de ses parents. Une courte enquête sur la normalité biologique de la descendance du détenu termine cette partie de l'interrogatoire.

L'examen médical n'a pas besoin de commentaires ; il faut le pratiquer au point de vue criminologique et au point de vue pénitentiaire ; les tares médicales comme élément étiologique ne sont pas dénuées d'importance ; elles inspireront le traitement et le régime alimentaire du détenu.

Nous nous efforçons de rendre très complet l'examen anthropologique systématique auquel nous soumettons ensuite les délinquants. Les mensurations sont prises par un surveillant, excellent opérateur ; les unes sont pratiquées suivant la méthode Bertillon et ont une valeur surtout signalétique ; la plupart, d'ordre scientifique, sont relevées conformément aux règles de l'Entente internationale pour les mesures craniométriques et céphalométriques du Congrès de Monaco (1908).

Dans leur ensemble, les mensurations anthropologiques, au nombre d'une cinquantaine, sont destinées à résoudre le problème si discuté des relations qui *peuvent* exister entre l'état somatique des délinquants et leurs réactions criminelles. Sans nier que les mensurations anthropologiques, particulièrement celles du crâne et de la face, ont un intérêt essentiellement ethnique, nous leur accordons, au point de vue criminologique, et ce jusqu'à plus ample information, une valeur documentaire considérable. Elles sont spécialement destinées, à notre avis, à préciser, à contrôler, la description des tares constitutionnelles, des stigmates de dégénérescence, et des modalités de la morphologie des délinquants.

On pourra, grâce à de précises mensurations, escompter à leur juste valeur les asymétries faciales, les déviations osseuses, les implantations irrégulières et les malformations d'organes ; elles mettront en évidence des détails anatomiques qui passeraient inaperçus si on s'en tenait à une simple impression d'ensemble ou à une description biologique *de visu*. Leur rôle essentiel est donc de fournir, à côté de l'énoncé des tares et variations anatomiques, une documentation anthropologique précise qui l'éclaire et le contrôle.

La description morphologique du sujet suit l'examen anthropologique ; elle se fait minutieusement d'après un tableau où nous avons réuni tous les « Stigmates de criminalité », tous les éléments d'anomalie morphologique que, à tort ou à raison, on a invoqués comme des tares de dégénérescence ou des prédispositions à l'état de délinquance. Encore une fois ici, nous avons visé exclusivement à réunir une documentation complète, quelles que soient les conclusions auxquelles elle doit nous mener ; nous voulons, sans chercher à les interpréter, établir un pourcentage des stigmates morphologiques relevés chez les délinquants et les gens sans casier judiciaire.

La description de l'oreille retient spécialement notre attention ; beaucoup de criminalistes s'y sont intéressés et leurs variations de conformation sont innombrables : il n'est pour ainsi dire d'oreilles semblables et leur symétrie est rarement parfaite. La description méthodique et complète des deux oreilles constituerait, à notre sens, une documentation signalétique presque aussi décisive qu'une analyse dactyloscopique. Aussi tenons-nous à décrire, dans ses détails, la morphologie des oreilles.

Nous attachons surtout une très grande importance à la détermination précise du degré d'asymétrie cranio-faciale ; nous recourons à un appareil spécial permet-

tant de contrôler, en une fois, la régularité et la situation des divers organes et traits du visage ; cette détermination offre un vif intérêt et nous nous proposons d'y revenir ultérieurement.

L'examen du système nerveux et des organes des sens est une partie essentielle de notre investigation ; il ne diffère guère de la manière habituelle dont procèdent le neurologue, l'aliéniste et ceux qui se préoccupent de psychologie expérimentale et de pédologie. Sans se perdre dans des détails, et tout en gardant comme objectif le point de vue criminologique, cet examen doit tendre à réunir des éléments aussi nombreux que possible en vue d'analyser la physiologie normale et pathologique du système nerveux, la valeur psychique et les lacunes mentales du délinquant.

Dans une première partie, l'exploration de l'intégrité du système nerveux, nous étudions les conditions de la motilité, les réflexes tendineux, cutanés, muqueux et pupillaires, les divers modes de la sensibilité. A côté des expériences d'esthésiométrie, d'algométrie et de dynamométrie (deux expériences successives, une troisième à vingt minutes d'intervalle), nous attachons une importance spéciale à l'acuité de la sensibilité à la pression et du sens musculaire qui nous paraissent assez fréquemment troublés chez les délinquants ; toutes ces recherches se font rapidement, le sujet ayant les yeux bandés.

Nous envisageons ensuite les symptômes pathologiques du système nerveux. Du côté de la motilité : paralysie, atrophie, ataxie, contracture, tics, tremblement ; du côté de la sensibilité : fourmillement, picotement, sensations de lourdeur, de brûlure, de refroidissement, moiteur de la peau, vertige ; les variétés de douleur, les troubles des sensibilités tactile et thermique ; la duplicité, l'erreur, le retard dans les sensations en général.

Dans la détermination des acuités sensorielles, nous avons recours aux méthodes habituelles des laboratoires de psychologie expérimentale.

Pour l'odorat, nous utilisons une série de produits familiers qui sont présentés dans l'ordre suivant : l'alcool, la térébenthine, l'eau, la cannelle, l'éther, le vinaigre, le camphre ; l'ammoniaque n'est employée que dans le cas d'anosmie. Dans une seconde expérience quantitative, nous offrons au détenu des solutions acétiques et des craies camphrées de titre différent.

La finesse du goût est étudiée, qualitativement et quantitativement, à l'aide de solutions correspondant aux quatre types principaux des sensations gustatives : le doux, le salé, l'aigre et l'amer. Une goutte déposée sur un verre de montre est présentée au détenu qui la met en contact avec la pointe de la langue ; nous avons préféré ce procédé qui n'expose pas à des contaminations accidentelles. Entre les épreuves le sujet se rince la bouche ; d'ailleurs des solutions d'eau distillée sont utilisées à titre de contrôle. Tous les produits sont renfermés dans des compte-gouttes semblables et ont un aspect extérieur identique.

Les solutions employées sont les suivantes ; leur titre, qui a été déterminé par une série d'expériences d'essai, ne s'éloigne pas sensiblement de celui recommandé par les auteurs :

	Solution faible	Solution forte
Sucre	5 %	10 %
Sel	3 %	5 %
Acide acétique	0,2 %	1 %
Strychnine	0,02 %	0,2 %

L'audition s'apprécie à l'aide d'une montre à tic-tac faible, dont la perception moyenne est d'un mètre environ, puis par l'énoncé à voix basse de chiffres ; le

diapason permet les épreuves de Weber et de Rinne ; nous terminons par l'examen du tympan et de la perméabilité des fosses nasales.

Pour la vue nous recourons aux déterminations suivantes :

1. Acuité visuelle au moyen des tables optométriques internationales (Congrès d'ophtalmologie, Naples 1909).
2. Sens chromatique par la méthode des laines du Prof^r Holmgren.
3. Forme des objets.
4. Champ visuel ; outre la couleur blanche, nous déterminons le champ visuel pour deux couleurs complémentaires au moins, habituellement le rouge et le vert.
5. Examen du fond de l'œil et des réflexes pupillaires.

Nous arrivons ainsi à l'examen psychiatrique proprement dit. Nous reconnaissons volontiers que les procédés actuels de psychométrie sont longs, délicats et peu sûrs ; les *tests* mentaux sont d'application difficile en prison, pour le motif principal que la plupart des détenus ne comprennent pas la portée des expériences ; il nous reste à trouver une méthode pratique de psychométrie appliquée à la criminologie.

Dans la mesure du possible, nous analysons les facultés du délinquant, le degré de son intelligence, la valeur de sa mémoire et de son jugement, la force de sa volonté, l'acuité de son attention ; nous essayons de dégager de son interrogatoire les grandes lignes de son caractère, ses qualités, ses défauts essentiels, notamment l'instabilité, l'insensibilité, l'impulsivité, si intéressantes au point de vue criminologique ; vient enfin une appréciation des lacunes mentales, morales et éducatives du délinquant.

Nous sommes indiscutablement ici à la partie faible

de notre enquête anthropologique et nous serions heureux de pouvoir résoudre, d'une manière pratique, le difficile problème d'étudier, dans des conditions sûres, la valeur psychologique de nos sujets.

Les troubles mentaux proprement dits, s'ils existent, font l'objet d'une observation psychiatrique détaillée.

Les deux dernières parties de notre questionnaire s'adressent aux conditions sociologiques et criminologiques qui ont entouré les faits délictueux.

Avec Lacassagne, nous estimons que cette partie de notre enquête mérite spécialement l'attention ; dans l'appréciation des actes criminels, il faut largement tenir compte des circonstances et des influences sociales qui ont pu troubler le développement physique et moral des délinquants. Elles ont, dans bien des cas, joué un rôle de prédisposition ou de provocation au délit ; il est donc équitable d'en évaluer l'importance, non seulement au point de vue de la responsabilité morale du criminel, mais aussi et surtout, au point de vue de sa responsabilité sociale, de ses chances éventuelles de reclassement dans la société.

Malgré l'intérêt de la documentation sociologique, je dois me borner à vous en signaler quelques éléments parmi les plus intéressants : Conditions sociales de la famille, entourage, profession, service militaire, instruction, application scolaire, éducation, religion, lectures, genre de vie, misère, besoins, chagrins, passé social (conduite, travail, épargne), sens social.

Les renseignements d'ordre criminologique pur n'offrent pas moins d'intérêt ; je ne fais que les citer : nature du délit, caractères de la récidive, notamment sa précocité et sa spécificité, état physique et moral au moment du délit, ses circonstances prédisposantes et atténuantes, état d'ivresse, influence des besoins et des sentiments, compréhension de l'acte délictueux, aveu de la faute, dispositions morales, conduite en prison.

Il me reste à dire un mot des résultats pratiques que l'on peut attendre des recherches d'anthropologie pénitentiaire. Je n'insisterai pas sur leur intérêt scientifique général, sur leur portée sociale et sur l'importance qu'elles peuvent avoir au point de vue de l'organisation pénitentiaire. Je ne signalerai, dans cet ordre d'idées, qu'un seul exemple. Les criminalistes s'accordent aujourd'hui à préconiser quelques réformes essentielles dans le traitement des délinquants, réformes désirables à tout point de vue, mais dont l'application serait très difficile ou tout au moins très onéreuse en raison de l'organisation des prisons cellulaires modernes. Parmi ces réformes, la spécialisation plus grande des établissements pénitentiaires, l'individualisation de la peine, la sentence indéterminée et le retour progressif des détenus à la vie sociale offrent un intérêt primordial.

Or, il est impossible de concevoir la réalisation de ces réformes sans une sérieuse organisation de recherches anthropologiques dans les prisons. Seule une enquête systématique, faite pour chaque délinquant, peut fournir la documentation scientifique qui doit servir de base à la détermination de son traitement pénitentiaire. Bien plus, on pourrait tenter l'essai pratique de ces réformes dans les conditions actuelles de nos prisons, en limitant leur application à l'un ou l'autre établissement pourvu d'un laboratoire d'anthropologie criminelle. Si cette expérience répond aux espérances des protagonistes de ces réformes criminologiques, il sera toujours temps d'édifier les nouvelles prisons, mieux spécialisées, que leur généralisation exigera.

Quoi qu'il en soit de ces avantages éventuels des travaux du laboratoire d'anthropologie, il est possible dès à présent d'en signaler quelques applications pratiques que l'expérience de la vie pénitentiaire a suggérées et dont on a pu apprécier l'utilité, pour ainsi dire quotidienne, à la prison de Forest.

Si, à l'heure actuelle, aucune disposition réglementaire ne fixe les applications pratiques du laboratoire d'anthropologie et ne détermine les catégories de détenus pour lesquelles son intervention doit ou peut être réclamée par les autorités pénitentiaires, en fait, cette intervention est fréquemment sollicitée à la prison de Forest, en vue de préciser, aussi exactement que possible, la valeur biologique, les tares médicales et la normalité psychique de quelques catégories de détenus.

Dans un premier groupe, se rangent tous ceux dont on peut suspecter l'intégrité mentale, en raison des conditions du délit, de l'observation médicale ou de la conduite de ces délinquants en prison. A côté des aliénés proprement dits, dont le processus démentiel se révèle au cours de la détention, se rencontrent fréquemment des déséquilibrés mentaux et des insuffisants psychiques de toute nature, des dégénérés à réactions antisociales, particulièrement intéressants à observer et à bien définir. Ajoutons-y, en raison des grandes difficultés que peut présenter le diagnostic différentiel, la catégorie des simulateurs.

Un groupe tout aussi important de détenus envoyés pour examen au laboratoire anthropologique est celui des indisciplinés, auteurs de violences ou de bris d'objets mobiliers, et, en général, de tous ceux que de fréquentes infractions signalent à l'autorité pénitentiaire ; leur observation en prison éclaire parfois singulièrement leur conduite sociale.

Un examen biologique et mental approfondi permet, dans la plupart des cas, de proposer pour ces diverses catégories de détenus *anormaux* un traitement et un régime pénitentiaire en rapport avec leur état anthropologique ; pour plusieurs d'entre eux, il pourra suggérer des mesures spéciales, telles l'intervention du médecin aliéniste ou une libération provisoire. Il déterminera enfin dans quelle mesure les actes des détenus indisciplinés devront être réprimés.

Une application tout aussi intéressante des travaux du laboratoire, est la constitution d'un dossier criminologique complet, pour les condamnés susceptibles de bénéficier d'une réduction de peine et pour ceux dont la libération est prochaine.

Une enquête anthropologique, comprenant un examen mental approfondi et s'étendant aussi à l'étude minutieuse des conditions mésologiques qui ont entouré le délit, et qui dans bien des cas peuvent en atténuer le caractère, présentera grand intérêt. Cette étude offrira une importance spéciale pour les membres du personnel pénitentiaire qui ont pour mission de collaborer à l'œuvre de régénération morale et sociale des prisonniers.

Parmi les éléments de l'individualité du délinquant qu'il importe de bien connaître, en vue d'assurer son reclassement dans la société, citons l'état constitutionnel et les tares médicales du délinquant, l'intégrité de son système nerveux, ses lacunes mentales et morales, l'insuffisance de ses connaissances professionnelles, les facteurs sociologiques de prédisposition à la délinquance qui seront aussi les facteurs les plus puissants de la récidive, enfin, le type criminologique du détenu.

La constitution d'un tel dossier, mis à la disposition des membres de la commission de la comptabilité morale, est de nature à faciliter leur mission. A la prison de Forest, le dossier anthropologique des détenus leur est soumis régulièrement ; il signale les mesures à prendre au cours de la détention pour remédier à l'infériorité physique et mentale des détenus, à leur ignorance des devoirs sociaux et, si possible, à l'imperfection de leur éducation professionnelle. Les indications d'ordre sociologique permettront à leur tour, de prévoir les difficultés que rencontrera le reclassement social du libéré.

Quoi qu'il soit prématuré d'apprécier, à ce point de vue éminemment pratique, les avantages que peut offrir le nouvel organisme d'observation pénitentiaire, il est

permis, dès à présent, de constater qu'à raison même de ses travaux, une attention toute spéciale est portée sur les détenus qui se distinguent en prison par l'un ou l'autre caractère anormal, ainsi que sur les délinquants dont la libération est prochaine.

Concluons brièvement.

L'observation des délinquants en prison permet de reconnaître qu'il existe parmi eux des catégories nettement différenciées par un certain nombre de caractères biologiques et sociaux, et auxquelles conviennent une thérapeutique médicale et un traitement pénitentiaire tout aussi différents. Énumérons en les principales :

Les délinquants primaires d'accident ou d'occasion.

Les abouliques et les délinquants passionnels.

Les alcooliques et les névropathes.

Les délinquants récidivistes et professionnels.

Les dégénérés criminels, débiles ou impulsifs.

Les délinquants atteints de troubles psychiques intermittents.

Les aliénés criminels.

Grâce aux recherches des laboratoires d'anthropologie pénitentiaire on pourra définir, pour les détenus de ces différentes catégories, les trois éléments essentiels sur lesquels doit se baser, d'après le savant criminaliste Van Hamel, le traitement des détenus : l'état psychique, l'état social et le degré de corrigibilité des criminels.

Est-il utopique d'attendre de cette nouvelle conception du devoir social envers les délinquants des résultats plus consolants que ceux que doit enregistrer l'organisation pénitentiaire actuelle ? La science permet d'y prétendre.

Dr Vervaeck.

Directeur du Laboratoire d'anthropologie pénitentiaire de la Prison de Forest.

L'ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 17 AVRIL 1912

OBSERVÉE AU

LABORATOIRE DU COLLÈGE N.-D. DE LA PAIX A NAMUR

L'éclipse de Soleil du 17 avril dernier a fait l'objet d'observations variées de la part des Pères de la Compagnie de Jésus, réunis au Laboratoire de physique de la Faculté des sciences du collège Notre-Dame de la Paix qui, par un heureux hasard, se trouvait très voisin de la ligne centrale.

En attendant que les données recueillies aient fait l'objet d'un travail d'ensemble, qui promet des conclusions précises et intéressantes, nous donnons ici, dans une première partie, une note préliminaire du P. Lucas, professeur de Physique à la Faculté de Namur, sur l'*organisation et les résultats immédiats des observations* et, dans la seconde partie, une étude du P. F. Willaert, sur l'*enregistrement cinématographique de l'éclipse* dont il était chargé à Namur.

I

Organisation et résultats immédiats des observations

Le service de l'heure était assuré par une horloge Kessels aimablement prêtée par M. Lecointe, directeur du service astronomique de l'Observatoire royal d'Uccle.

Sa marche a été contrôlée par la réception photographique des signaux horaires et des battements émis par la tour Eiffel. A cet effet, grâce à la haute intervention de M. le Ministre des Sciences et des Arts et de M. Lecointe, un poste récepteur de T. S. F. avait été établi par le P. Lucas dans son laboratoire.

La méthode ordinaire de contrôle consiste à recevoir au téléphone les signaux horaires tandis que l'on suit

des yeux la marche de l'horloge à contrôler. Veut-on dans ce cas atteindre une grande précision, il faut prolonger l'observation pendant assez longtemps et recourir à la méthode des coïncidences. C'est dans ce but que le service radiotélégraphique de la tour Eiffel a organisé les séries de battements envoyés entre 21 et 22 heures (1).

Nous obtenions une égale précision par la réception d'un seul signal horaire, et le procédé employé avait en outre l'avantage d'être entièrement objectif et d'éliminer toute équation personnelle.

Il s'agissait, en premier lieu, d'imprimer photographiquement sur un papier sensible enregistreur le signal radiotélégraphique.

A cet effet, le P. Wulf, du Collège Saint-Ignace à Fauquemont, s'est servi de son nouvel électromètre unifilaire.

Fig. 1

Un fil de quartz métallisé par pulvérisation cathodique, fixé à sa partie supérieure, est attaché par son extrémité inférieure à une boucle de quartz isolant et qui fait ressort (Fig. 1). Ce fil est parallèle aux arêtes

(1) Pour plus de détails voir la brochure publiée par le Bureau des longitudes : *Réception des signaux radiotélégraphiques transmis par la tour Eiffel.* Paris, Gauthier-Villars, 1912.

de deux coins métalliques isolés, dans le plan desquelles il peut se mouvoir. On voit immédiatement que cet appareil ce prête à tous les modes d'emploi de l'électromètre à quadrants. On peut, par exemple, charger les deux coins à l'aide d'une pile et recevoir sur le fil mobile le potentiel à mesurer.

La sensibilité de l'appareil se règle par l'écartement des arêtes des coins et par la tension du fil. Son domaine d'emploi varie de l'ordre du millivolt jusqu'au potentiel explosif. Les lectures se font directement au microscope armé d'un micromètre oculaire ou bien par projection. Dans ce dernier cas, les déplacements du fil peuvent s'enregistrer photographiquement.

Les tracés fournis par cet appareil ne laissent rien à désirer au point de vue de la précision.

Voici maintenant comment se faisait, par l'intermédiaire de cet électromètre, la comparaison de l'horloge Kessels avec les signaux radiotélégraphiques de la tour Eiffel.

Au fond de la caisse de cette horloge, derrière la tige du pendule supposé immobile, on fixa un petit miroir concave. A la tige même fut attachée une lamelle métallique noircie. Une lampe Nernst envoyait un faisceau de lumière sur le miroir qui la concentrait en un foyer très petit. La source et le miroir étaient disposés de telle sorte que, dans le mouvement du pendule, la lamelle coupât la lumière exactement au moment du passage dans la position d'équilibre ou à peu près, ce qui n'a pas d'importance, comme on va le montrer.

Le faisceau réfléchi dirigé par un système de lentilles vers l'appareil enregistreur formait sur le papier sensible une image ponctuelle : sur ce papier mobile se marquait donc une série de traits — noirs après développement — et parallèles au mouvement ; les intervalles entre ces traits correspondent aux époques d'occultation du foyer lumineux par la lamelle. La

marche de l'horloge était dès lors enregistrée avec précision. En effet, le commencement d'un trait correspond toujours au même instant précis de la période d'oscillation du pendule, de même la fin des traits. Par suite, que l'occultation eût lieu en n'importe quelle position voisine de celle d'équilibre du pendule, le milieu d'un trait obscur répondait exactement à une des extrémités de l'oscillation du pendule, et le milieu de l'intervalle clair entre deux traits obscurs à l'autre extrémité.

Pour déterminer à quelles secondes répondait chacun des traits obscurs, il suffisait d'occulter le foyer « chronométrique » avec la main à une seconde connue et dont on prenait note. Cette opération fut répétée à plusieurs reprises comme contrôle.

Cela posé, pour la comparaison de l'horloge, il suffisait d'inscrire, simultanément et côte à côte, sur le papier sensible de l'enregistreur, d'une part, la série de traits donnant la seconde de l'horloge et, d'autre part, les déplacements du fil répondant à chaque émission radiotélégraphique.

Signaux horaires et battements radiotélégraphiques sont reçus à l'Observatoire royal au moyen du téléphone. Nous aurons ainsi les corrections éventuelles à apporter aux heures et les éléments nécessaires à l'utilisation des battements que, par surcroît, nous avons aussi enregistrés plusieurs fois.

La première question du programme comportait la détermination précise du deuxième et du troisième contacts au moyen d'un photomètre au potassium colloïdal d'Elster et Geitel (1).

(1) Des observations du même genre ont été faites au moyen d'un récepteur au sélénium, à l'Observatoire de l'Èbre, à Tortosa, par les PP. Wulf et Lucas, lors de l'Éclipse totale de Soleil du 30 août 1905. On en trouvera l'exposé, en français, dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE., t. XXX, seconde

Ce récepteur au potassium, tout récemment réalisé et non encore dans le commerce, avait été préparé et mis très aimablement à notre disposition par les inventeurs eux-mêmes.

Il était monté dans un pont Wheatstone. Une des branches du pont renfermait le photomètre. Sa résistance était balancée par une résistance d'ionium (Bronson). Dans le pont se trouvait l'électromètre de Wulf décrit ci-dessus.

L'enregistreur photographique inscrivait, côte à côte, la variation de l'illumination et la marche de l'horloge.

La sensibilité, réglée deux minutes avant la phase maximum pour l'obscurité présumée, s'est trouvée trop grande pour la diminution de l'intensité lumineuse effectivement réalisée par l'éclipse. Le fil de l'électromètre a traversé tout le champ de l'appareil jusqu'à en sortir pendant les secondes de la phase maximum.

Cette méthode, due au P. Wulf, était donc excellente. Elle a fourni une courbe admirablement nette à laquelle, malheureusement, manque la partie la plus importante.

Un réglage plus heureux du diaphragme iris du photomètre, facile à réaliser grâce à l'expérience acquise, assurerait dans les prochaines éclipses un résultat qui ne laisserait rien à désirer.

Ce premier poste était dirigé par le P. Wulf assisté du P. Lucas.

A un second poste, le P. Stein, du Collège Saint-Ignace à Amsterdam, fit au moyen d'un photomètre du même genre, mais moins sensible, un grand nombre de lectures visuelles pendant toute la durée de l'éclipse.

partie, pp. 380-405, et en allemand, dans la PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT, t. VI, pp. 832-847. Leipzig 1905. — Voir aussi ANNALES, t. XXXVI, première partie, p. 131, une communication du P. Lucas sur le même sujet.

Nous devons ce photomètre à la générosité de M. Fernand Jacobs, président de la Société belge d'astronomie.

Cette fois le photomètre était en série avec un galvanomètre sensible et une batterie. Les variations des intensités lumineuses étaient mesurées par celles du courant dans le circuit.

Des nombreuses mesures effectuées et chronométrées on déduira la courbe photométrique pendant toute la durée de l'éclipse et, par suite, le rapport de l'éclat des régions centrale et marginale du Soleil.

On pourra en conclure le pouvoir absorbant de l'atmosphère solaire.

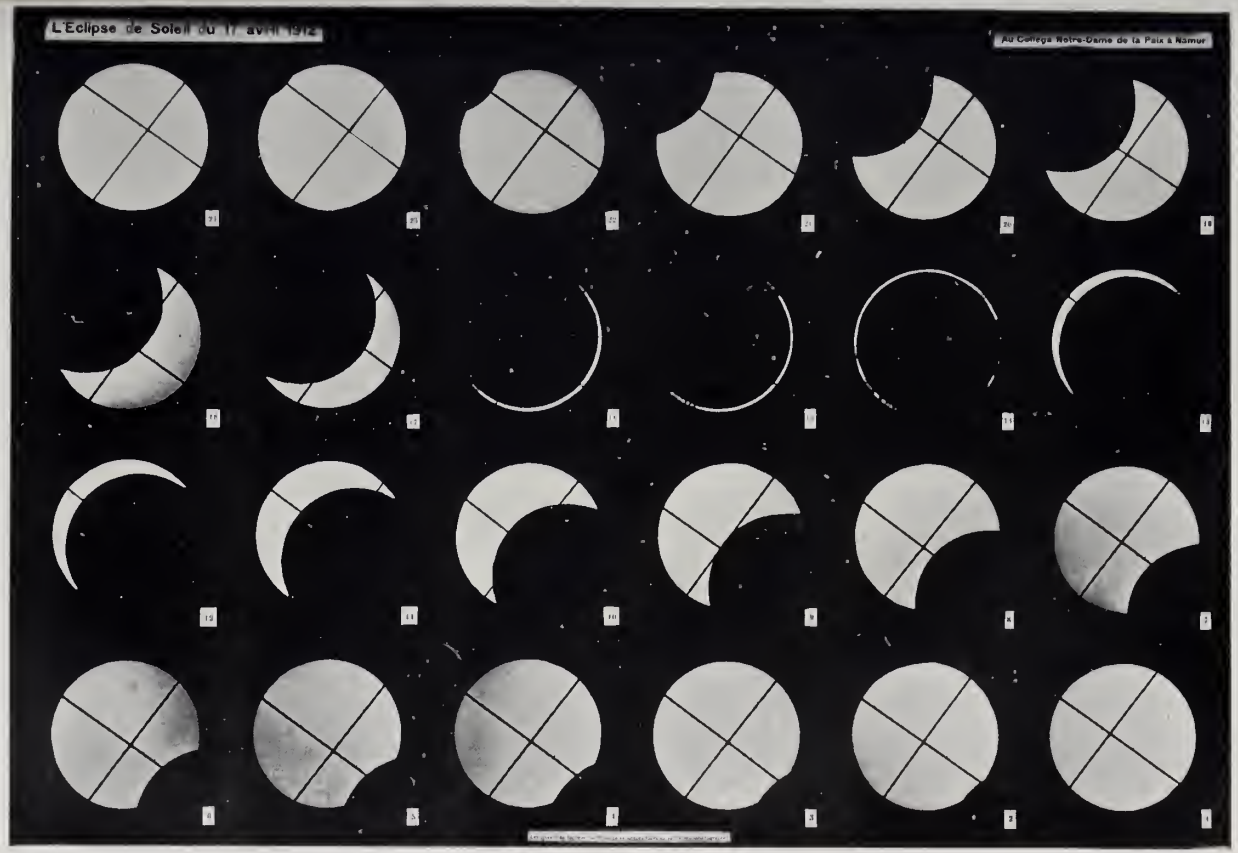
Un troisième poste dirigé par les Pères Schaffers, du Collège Saint-Jean Berchmans à Louvain, et Pinto, de la résidence d'Alsemberg, utilisait un photohéliographe mis obligeamment à notre disposition par M. le Paige, directeur de l'Observatoire de Cointe.

Vingt-cinq clichés bien réussis ont été tirés à des intervalles particulièrement brefs dans le voisinage des quatre contacts, et plus espacés pendant le reste du phénomène. La planche ci-contre reproduit quelques-uns de ces clichés très réduits.

La mesure de ces photographies chronométrées fera connaître la portion de surface éclipsée correspondant aux mesures photométriques du P. Stein.

On pourra en outre y mesurer les cordes de la partie éclipsée du disque et en déduire, par la méthode ordinaire, les positions et les instants des contacts.

Un quatrième poste, sous la conduite du P. Willaert, du Collège Saint-Michel à Bruxelles, comportait un cinématographe de la maison Pathé avec un héliostat. La seconde partie de cet article donne le détail et les résultats de ces observations.


L'Eclipse de Soleil du 17 avril 1912
Au Collège Notre-Dame de la Paix à Namur

Citons encore les observations de l'ionisation de l'atmosphère faites par la méthode d'Elster et Geitel au moyen d'un électromètre bifilaire de Wulf (1), construit par la maison Günther et Tegetmeyer, de Brunswick, laquelle nous a fourni également l'électromètre unifilaire et les deux photomètres. Le P. Beernaert, du Collège Saint-Jean Berchmans, à Louvain, a bien voulu se charger de ces mesures la veille et pendant toute la journée de l'éclipse.

Il y a joint l'observation d'un thermomètre afin de déterminer l'abaissement de température produit par l'éclipse.

Quelques photographies du paysage ont été prises aux divers moments du phénomène par le P. Dierckx, du Collège Notre-Dame de la Paix, lequel a également esquissé un dessin du Soleil au moment de la phase maximum.

II

Enregistrement cinématographique de l'éclipse

C'est au désir de fixer par la photographie les phases fugitives de certains phénomènes astronomiques que l'ancêtre du cinématographe, le revolver photographique de Janssen, doit son existence (2).

L'idée d'enregistrer les éclipses de Soleil au moyen du cinématographe était trop naturelle pour que, dès l'origine, elle n'eût pas tenté les observateurs. Appliquée en Espagne, en 1905, sans grand succès, il est

(1) *L'Électromètre bifilaire et ses applications*. mémoire présenté par le P. Wulf à la Société scientifique de Bruxelles (ANNALES, t. XXXII, première partie, p. 199), couronné par elle (IBID., t. XXXIII, première partie, p. 261) et publié dans ses ANNALES, t. XXXIV, seconde partie, pp. 1-87.

(2) ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR 1876.

vrai, elle fut remise en œuvre en plusieurs endroits le 17 avril dernier.

Nous voudrions, en quelques pages, faire connaître le résultat de ces tentatives récentes, et surtout attirer l'attention sur les services que l'astronomie peut attendre d'un auxiliaire, qu'une fortune assez tapageuse pourrait avoir un peu déconsidéré.

Le 17 avril dernier, plusieurs postes cinématographiques étaient échelonnés sur le trajet de l'éclipse.

A Ovar, sur la côte portugaise, M. Costa Lobo, qui s'est trouvé presque sur la ligne de centralité, a enregistré les phases du milieu de l'éclipse à raison de neut vues à la seconde.

MM. Fréd. Vlès et Jacques Carvallo, à Cacabelos (Léon), à une distance de 4000 mètres de la ligne, avaient disposé deux appareils enregistreurs : au premier (distance focale : 600 mm), muni d'un écran jaune, on confia le soin d'enregistrer exclusivement les aspects successifs du disque de la photosphère. Il devait prendre quinze vues à la seconde. Mis en marche trois minutes avant le milieu de l'éclipse, il eut un accroc malheureux qui lui fit manquer les phases les plus importantes. Le second appareil, sans écran (distance focale : 500 mm), devait fixer sur le film les détails de faible puissance actinique : protubérances, couronne, etc. Il « prit » les contacts extrêmes à une allure de cinquante images par seconde, et la phase centrale à une fréquence moindre.

A Sainte Apolline, M. Gaumont saisit quatre images de la phase annulaire.

A Saint-Germain-en-Laye, M. de la Baume Pluvinel obtint, dans d'excellentes conditions, l'inscription cinématographique de la phase annulaire et du dernier contact. Son appareil fonctionnait à la vitesse normale d'enregistrement, quatorze ou quinze vues par seconde.

Nous fûmes chargé nous-même de l'enregistrement

cinématographique, au laboratoire du Collège de la Paix à Namur.

On nous pardonnera de nous référer le plus souvent, dans la suite, à ces dernières expériences, non pas qu'elles aient une importance ou une valeur spéciale, mais ce sont les seules qui nous soient connues autrement que par les notes très laconiques publiées jusqu'à ce jour dans les journaux astronomiques.

I. — LES APPAREILS ET LES RÉSULTATS

Le cinématographe employé pour l'enregistrement courant des scènes ordinaires, ne peut être appliqué, sans adaptation spéciale, à l'enregistrement d'une éclipse, et cela pour deux motifs : l'appareil est fixe ou n'a qu'une mobilité très imparfaite ; en second lieu, la distance focale de son objectif est très courte. On ne peut donc ni lui faire suivre commodément le Soleil dans son déplacement apparent, ni obtenir une image de dimensions suffisantes. De là, la nécessité de fixer l'appareil sur une monture équatoriale ou de recourir à l'héliostat, et celle de remplacer l'objectif ordinaire par un objectif à long foyer, celui d'une lunette, par exemple. Le miroir mobile de l'héliostat, entraîné par son mouvement d'horlogerie, maintient, dans la direction de la lunette fixe, le faisceau des rayons solaires qu'il recueille et réfléchit, tandis que le film enregistreur se déplace dans le plan focal principal de l'objectif.

M. de la Baume Pluvinel a obtenu des images de 14 mm. de diamètre ; les nôtres en ont $8^{mm},5$.

Un film cinématographique n'aurait pas grande valeur documentaire s'il ne portait l'indication de l'heure exacte où chacune des vues a été prise ou,

au moins, si l'on ne possédait un moyen de déterminer cette heure avec précision. MM. Vlès et Carvallo, ainsi que M. de la Baume, eurent l'idée de photographier sur le film même, à côté de l'image du Soleil, le cadran d'un chronomètre de marche connue, dont l'image, formée au moyen d'un petit objectif latéral, était réfléchie par un prisme à réflexion totale. Chaque vue porte ainsi son estampille horaire.

On peut aussi procéder de la manière suivante, et c'est ce qu'on fit à Namur. On fait passer à des intervalles déterminés, par exemple, toutes les deux secondes, un écran opaque devant l'objectif de la lunette ; on produit ainsi sur le film des ratés, qui, retrouvés après développement, servent de repères et permettent de fixer aisément, par interpolation, l'heure d'une phase quelconque. Cette interpolation est très sûre, grâce à la régularité de marche de l'obturateur rotatif de l'enregistreur.

L'heure absolue de chaque phase est donc connue avec une exactitude égale à celle du garde-temps qu'on emploie, mais l'heure relative, c'est-à-dire l'intervalle de temps qui sépare deux phases données, est fixée avec une précision pratiquement illimitée : on peut, en effet, serrer les vues jusqu'à en obtenir 14, 15, voire 50, dans l'espace d'une seconde ; les intervalles de temps qui séparent deux phases quelconques, seront donc connus à 1/50 de seconde près. Nous verrons, en traitant des méthodes de mesure, le parti que l'on peut tirer de cette observation.

Les phases de l'éclipse qui intéressent surtout l'astronomie, sont celles qui se groupent autour des contacts, et celles qui constituent la phase annulaire ou totale. On peut donc, en général, se contenter de faire fonctionner l'enregistreur pendant un temps total relativement court.

Nous avons pris à Namur une vue toutes les secondes au voisinage des contacts extrêmes, quatorze vues par seconde pendant quatre minutes embrassant la phase annulaire, enfin, sans grande utilité, mais parce que nous en avions le loisir, une vue toutes les deux secondes pendant le reste des deux heures que dura l'éclipse. Cette profusion ne fut pas stérile. Deux particularités intéressantes de la formation des grains de Baily se trouvèrent ainsi enregistrées.

Nous ne dirons rien des services que peut rendre le cinématographe dans l'étude des brillants phénomènes qui accompagnent les éclipses et qui relèvent surtout de l'astronomie physique : nous nous placerons avant tout au point de vue de l'astronomie de position.

II. — LES CONTACTS ET LA PHASE MAXIMUM

Dans une éclipse annulaire ou totale, l'astronomie distingue quatre contacts : quatre fois, au cours de leur déplacement relatif, les disques du Soleil et de la Lune se trouvent tangents. Aux contacts extrêmes, 1 et 4, ils sont tangents extérieurement ; aux contacts moyens, 2 et 3, ils le sont intérieurement.

Cette définition est théorique : elle fait abstraction de deux circonstances qui compliquent la réalité : les irrégularités du profil lunaire et l'irradiation.

Examinons, en tenant compte de ces éléments, comment l'œil et la plaque sensible perçoivent, en fait, un contact extrême et un contact moyen.

La photosphère solaire, dans l'état actuel des procédés d'observation et de mesure, présente, en projection sur la sphère céleste, un bord régulier et sensiblement circulaire (1). Il en est tout autrement de la

(1) La discussion de toutes les séries un peu longues d'observations méridiennes et de photographies de la photosphère, conduit à attribuer à la différence entre le diamètre polaire et le diamètre équatorial du disque solaire

Lune. Sa surface est accidentée — elle l'est même relativement plus que la surface de la terre. Dès lors le profil du bord lunaire doit avoir un contour dentelé. En temps ordinaire, lorsque la Lune éclairée se projette sur le fond du ciel, ces aspérités tendent à s'effacer par irradiation : les parties lumineuses saillantes, élargies physiologiquement sur la rétine dans les observations visuelles, actiniquement sur la plaque sensible dans les observations photographiques, envahissent et comblent en partie les creux de la dentelure. C'est ainsi que des dénivellations réelles de 4″ d'arc se trouvent réduites en apparence à 2″5.

Si l'irradiation est sensible quand le disque de la Lune modérément éclairé se projette sur le fond du ciel où se perçoit toujours quelque transparence de lumière, ses effets sont bien plus marqués quand le disque lunaire se détache en noir sur le fond éblouissant de la photosphère : les détails du relief sont alors presque complètement noyés dans la lumière, et le bord du disque semble un arc de cercle régulier, où l'on soupçonne à peine quelques légères ondulations.

C'est grâce à cela que les contacts extrêmes d'une éclipse de Soleil sont, au point de vue de l'observation visuelle, nettement définis ; mais c'est aussi à cause de cela que leur interprétation astronomique devient très délicate En réalité le contact qu'on aperçoit est le contact d'une *lune moyenne :* il est en retard de quatre ou cinq secondes sur l'heure où les *sommets* du relief

une valeur de l'ordre de 0″5, généralement positive et peut-être périodiquement variable. Voir l'article de M. Poor Lane *The figure of the Sun* (Astrophysical Journal, t. XXII, 1905), le mémoire du même auteur *An investigation of the figure of the Sun and of possible variations in its size and shape* (Contributions from the Observatory of Columbia University, New-York, n° 26, mars 1908) et l'article *Sur la forme du Soleil* publié, dans le Bulletin Astronomique, t. XXVIII, septembre 1911, par le P. St. Chevalier, S. J., de l'Observatoire de Zô-Sé (Chine), où l'on étudie depuis plusieurs années ce problème très délicat.

lunaire ont atteint le bord du Soleil, et précède d'une fraction de seconde le contact du fond des *creux* de ce relief.

C'est ici que le cinématographe vient à notre aide.

D'une part, en substituant automatiquement quinze fois par seconde une partie vierge du film à la partie impressionnée, il n'a sa vue troublée ni par la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, ni par la nervosité de l'observateur qu'exalte l'attente : il est donc éminemment apte à « prendre les contacts extrêmes ». M. de la Baume espère obtenir l'heure du dernier contact à 1/4 de seconde près. Nous n'avons pas le même bonheur : sur le film de Namur, cette détermination est rendue incertaine par suite de la faible visibilité du disque lunaire se projetant, hors du Soleil, sur les couches intérieures de la couronne, surtout après le dernier contact. Nous oserions à peine garantir une exactitude de quatre secondes.

D'autre part les irrégularités du profil lunaire, que l'irradiation efface ou atténue, reprennent toute leur importance quand il s'agit de préciser l'heure des contacts moyens. Il est aisé de s'en rendre compte.

Lorsque le disque opaque de la Lune est sur le point de devenir tangent intérieurement au bord oriental du Soleil, il réduit le croissant solaire à un arc lumineux d'une minceur extrême que les dents du profil lunaire mordent de plus en plus profondément et finissent par sectionner : le bord du Soleil ne demeure plus visible alors qu'à travers les creux du profil. Mais le disque sombre de notre satellite avançant toujours, ronge de plus en plus ces îlots lumineux et finit par les éteindre complètement. Les mêmes apparences se répètent, dans un ordre renversé, au bord opposé de la Lune, où s'amorce le croissant occidental.

Pour le contact oriental, nous avons donc à distinguer deux moments : celui de la rupture de l'arc con-

tinu et celui de la disparition du dernier grain lumineux. Encore faut-il préciser.

L'arc solaire ne se sectionne pas en tous les points à la fois. Si la dentelure de la Lune était régulière comme celle d'une scie circulaire, c'est au point de tangence même, dans le cas d'une éclipse annulaire, que le sectionnement se produirait en premier lieu ; mais le relief lunaire n'a pas été taillé à l'emporte-pièce sur le cercle d'une machine à diviser : certaines dents de la scie sont plus longues que d'autres et elles sont inégalement espacées. Pour ces deux motifs le sectionnement de l'arc solaire se produira d'une façon irrégulière, et force nous est de laisser à notre définition du contact une certaine élasticité. Nous adopterons, faute de mieux, la définition suivante : le contact des *sommets* a lieu quand se produit le premier sectionnement du croissant dans un intervalle de 10° d'arc, de part et d'autre du point de tangence.

En toute rigueur, la notion de point de tangence demanderait elle-même à être précisée ; nous pourrions le faire à coup de définitions, mais la chose est pratiquement inutile : des divergences de 5 ou 6 degrés dans l'estimation du point de contact, n'entraîneraient, dans la détermination de l'heure du contact, que des différences inférieures au 1/15 de seconde que mesure le film enregistreur.

Nous définirons d'une manière analogue l'instant du contact relatif au fond des *creux* du profil : il a lieu quand disparaît, au voisinage du point de tangence, le dernier grain lumineux.

C'est faute sans doute d'avoir tenu compte de ce dédoublement des contacts que certains observateurs ont trouvé des résultats complètement discordants : ainsi, au même endroit, deux observateurs, d'ailleurs exercés, ont trouvé pour intervalle de temps entre le

contact oriental et le contact occidental, l'un 5, l'autre 10 secondes.

De plus, même avec le souci de séparer les deux phases du même contact, il était difficile à l'observation visuelle directe d'obtenir des heures précises. D'abord pour ce qui concerne le contact des sommets, le sectionnement de l'arc continu est gêné d'une façon très notable par l'irradiation qui, faisant déborder les images au delà de leur tracé optique, maintient soudés entre eux des tronçons d'arc déjà isolés géométriquement, en sorte que le croissant semble encore d'un seul tenant après qu'il s'est trouvé morcelé. Puis, par une sorte de discontinuité, se forme le *ligament noir* qui rompt le croissant.

Le film sensible ne semble pas, abstraction faite toutefois de son « objectivité » indiscutable, l'emporter sur l'observation directe pour la détermination de ce contact : il est, comme l'œil, victime des illusions de l'irradiation. Mais voici qu'une circonstance, que nous étions tenté de regarder comme très nuisible, nous a servi d'une façon inattendue.

Pendant l'éclipse, des coups de vent ayant fait vibrer le miroir de l'héliostat, un bon nombre d'images du croissant se sont trouvées par là déformées et élargies dans le sens de la flèche du croissant. Les rayons lumineux, au lieu d'avoir accumulé leur action chimique sur les mêmes plages du film pendant toute la durée d'ouverture de l'obturateur, au point de la faire rayonner sur les points voisins, ont balayé une aire d'une certaine étendue. En étalant ainsi leur action, ils ont laissé leur trace sous forme d'une bande d'intensité superficielle réduite, laissant apparaître certaines solutions de continuité que rien ne trahit dans les images nettes qui encadrent ces images vibrées. Le n° 6 (1) en

(1) Les n^os^ renvoient à la planche hors-texte, à la fin de l'article.

donne un exemple. C'est ainsi que l'on constate que les croissants semblent encore continus deux secondes au moins après leur sectionnement.

Grâce à cette heureuse instabilité du miroir de l'héliostat nous avons pu, nous semble-t-il, déterminer les contacts des *sommets* à $0^{sec}8$ près.

Le cinématographe rend un service d'un autre genre dans la détermination du contact des *creux*. La disparition comme l'apparition visuelle des grains de Baily se fait à une allure foudroyante ; on l'a comparée à celle d'une traînée de poudre qui fuse. Comment, dans ces conditions, l'observation directe parviendra-t-elle à déterminer l'instant où les grains s'évanouissent aux environs d'un point, le point de tangence, que rien dans les apparences ne désigne d'une façon spéciale à l'attention, et dont la position ne peut le plus souvent — c'était le cas de la dernière éclipse — être déterminée d'avance, puisqu'elle dépend de la position de l'observateur par rapport à la ligne de centralité ? Il est vraisemblable que l'observation visuelle succombera à la tâche, et c'est bien ce qui explique et excuse les divergences énormes que nous offrent les résultats des observations directes. L'irradiation et la foudroyante rapidité des traînées fusantes ont confondu les deux temps du contact des *sommets* et des *creux* en une apparence éblouissante mobile et fugitive, qui laisse place aux interprétations les plus diverses. Ajoutons encore que le 17 avril, les observateurs eussent eu à noter les quatre contacts dédoublés en moins de 7 secondes, et que deux de ces contacts se produisirent en deux points opposés du disque lunaire à un intervalle de 2 secondes.

Sur le film cinématographique, au contraire, le choix de la phase de contact peut se faire à loisir et avec une approximation de $0^{sec},1$.

Le mouvement relatif de la Lune par rapport au Soleil peut être considéré pratiquement comme rectiligne et uniforme pendant la durée de la phase annulaire : les heures des contacts moyens seront donc symétriques par rapport à l'heure de la phase centrale. C'est un premier moyen de déterminer cette heure.

On peut la fixer aussi par l'examen direct du film, soit en cherchant, parmi les images de l'anneau, celui dont les arcs latéraux ont même épaisseur sur la ligne des contacts moyens, soit en repliant le film sur lui-même de façon à présenter en regard deux séries de phases symétriques : le pli indique la phase centrale.

En prenant pour origine du temps l'instant de la phase centrale, déterminée par l'égalité d'épaisseur des arcs, nous avons trouvé à Namur les valeurs suivantes :

Premier contact	Deuxième contact des sommets (oriental)	Deuxième contact des creux (occidental)	Troisième contact des creux (oriental)	Troisième contact des sommets (occidental)	Dernier contact
$-1^h 20^m 46^{sec}$	$-3^{sec}4$	$-2^{sec}3$	$+2^{sec}1$	$+4^{sec}6$	$1^h 20^m 34^{sec}$

On remarquera que le *second* contact relatif aux *sommets* a lieu sur le bord oriental, tandis que le *second* contact relatif aux *creux* se produit sur le bord occidental. C'est que, dans cette éclipse, le disque lunaire dont le contour fictif passe par les *sommets* était plus grand que celui du Soleil : *relativement à lui, l'éclipse était totale*. Au contraire, le disque de la Lune réduit au contour tangent au fond des *creux* de la dentelure était plus petit que celui du Soleil et, *relativement à lui, l'éclipse était annulaire*.

Et de fait, l'anneau qui fut photographié en maint endroit, en France et en Belgique, dans le voisinage de la ligne de centralité, présentait, *sur tout son pourtour*, des solutions de continuité dues aux montagnes

lunaires dont les *sommets* se projetaient en dehors du disque solaire (n° 9).

III. — LES GRAINS DE BAILY

Nous ne rappellerons pas ici les hypothèses purement optiques de Baily et d'Arago sur la nature des perles brillantes qu'on voit scintiller pendant quelques instants le long des arcs diamétralement opposés où se produisent les contacts moyens. Ces hypothèses doivent être abandonnées.

En définissant plus haut l'instant de ces contacts moyens, nous avons touché la vraie cause de ce brillant phénomène : il faut la chercher dans la dentelure du profil lunaire qui morcelle, en le déchiquetant pour ainsi dire, le mince filet lumineux du croissant solaire sur lequel il vient se superposer.

Considérons un premier contour tangent aux *sommets* du relief lunaire, et un second tangent au *fond des creux* de ce profil : les grains de Baily ne se produisent que sur les portions du bord solaire comprises entre ces deux contours. En tout point du bord solaire où cette condition géométrique est réalisée nous dirons qu'il y a *quasi-tangence*.

Lorsque les diamètres apparents des deux astres sont notablement différents, ce qui est le cas des éclipses franchement totales ou franchement annulaires, cette quasi-tangence ne peut se produire que sur une portion d'arc restreinte dont la position et l'étendue dépendent de la position de l'observateur par rapport à la ligne de centralité.

Sur cette ligne même, les grains ne seront visibles qu'au voisinage des deux points de contact moyens, et le phénomène durera un temps très court, environ quatre secondes. Si l'observateur se porte sur les confins de la zone des quatre contacts, il verra la Lune défiler tangentiellement devant le Soleil, et l'arc de

quasi-tangence aura son milieu sur le diamètre du Soleil normal à la trajectoire relative de la Lune. La longueur de cet arc sera d'autant plus grande que les diamètres apparents des deux disques seront moins différents, et la durée de cette quasi-tangence augmentera dans les mêmes conditions.

Le 17 avril dernier, toutes les conditions optima se trouvèrent réalisées simultanément. Les observateurs placés sur la ligne de centralité étaient en même temps non loin des frontières de la zone très étroite des quatre contacts, en sorte que, cumulant l'avantage des deux positions, la quasi-tangence se produisit pour eux sur tout le pourtour du disque solaire : elle se maintint pendant quatre secondes au voisinage des contacts moyens, dans les régions équatoriales, pour atteindre sa durée maximum sur les arcs polaires (n°s 1 à 18).

Nous signalerons ici, dans l'ordre où elles se sont présentées, les particularités intéressantes que révèle le film au point de vue de la formation des grains de Baily.

Les grains apparaissent de deux manières différentes : sur le bord oriental, ils se forment par sectionnement d'un arc continu préexistant (n°s 1 à 11) ; sur le bord occidental, par amorcement ou jalonnement d'un arc en voie de formation (n°s 7 à 18).

C'est au voisinage des pôles que les grains se forment d'abord et leurs transformations se produisent avec une lenteur relative : ainsi le premier grain fut détaché de la corne australe $4^{m}34^{sec}$ avant la phase maximum, et le dernier disparut 1 minute après cette phase.

Les numéros 10 à 17, qui répondent à un intervalle extrême de $18^{sec},7$, montrent les phases successives de la soudure des grains dans les régions polaires. On remarquera qu'entre les numéros 7 et 12, l'intervalle de temps n'est que de $7^{sec},5$ et qu'elles représentent les

phases analogues de la soudure des grains dans les régions équatoriales.

Notons encore cette particularité assez curieuse quoique très explicable : une minute avant la phase centrale, dans l'intervalle sombre compris entre la corne australe et le grain qui s'en était détaché, apparut un point lumineux plus faible, qui brilla pendant 16 secondes, puis s'éteignit. Est-il téméraire d'expliquer ainsi cette apparition fugitive : dans un massif qui séparait deux vallées profondes de la Lune, existait une anfractuosité de moindre profondeur, qui, en défilant presque tangentiellement au bord du Soleil découvrit un segment d'arc excessivement petit ? D'ailleurs, ces apparences ne rappellent-elles pas certaines occultations tangentielles dans lesquelles l'étoile disparaît et apparaît plusieurs fois entre les sommets de la Lune avant de s'en éloigner définitivement ?

Signalons aussi, dans le même ordre d'idées, que les grains de Baily présentent, aux environs du pôle, un aspect allongé en forme de traits (n°s 1, 2, 10) qu'ils n'ont à aucun instant de leur développement dans les régions équatoriales, où ils se manifestent sous la forme de perles arrondies (n°s 6, 7, 8).

Tous les observateurs qui ont vu briller à l'extrémité des cornes du croissant les grosses perles ont noté leur forte scintillation et leur rougeoiement intermittent. Nous retrouvons, en effet, sur le film, des groupes d'images où les grains terminaux sont moins prononcés que dans les groupes d'images qui les encadrent ; toutefois, le fait n'en est ni assez fréquent ni assez net pour fournir une confirmation définitive des variations d'éclat observées directement. Pareille scintillation cependant n'aurait rien d'étrange et semble pouvoir s'expliquer aisément.

Lorsqu'un *creux* de la dentelure lunaire se déplace tangentiellement au disque solaire, nous voyons défiler

à travers la vallée lunaire les points successifs du bord de la photosphère. Ce bord est loin de posséder un contour régulier et un éclat uniforme. La présence des grandes facules observées par endroits sur la surface solaire, la vie intense surtout que les récentes découvertes de la spectrographie ont révélée dans les couches superficielles de la photosphère, nous autorisent à supposer que la surface entière de ces nuages incandescents et tumultueux présente partout des saillies éruptives, que l'irradiation dérobe à l'observation ordinaire sur le pourtour du disque solaire. Or, quand une de ces parties saillantes vient à passer dans un creux du profil lunaire, la surface visible du Soleil peut être augmentée en ce point dans de notables proportions. De là, la variation d'éclat qui produirait la scintillation. Encore, pour que cet effet puisse être perçu, est-il nécessaire d'une part que ces variations ne soient pas si lentes qu'elles deviennent pratiquement indiscernables, et d'autre part, qu'elles ne soient pas si rapides que les impressions visuelles provenant d'une série de facules du disque solaire se fondent en une seule impression moyenne invariable. Un calcul très simple montre que la période de variation de l'éclat résultant du passage des saillies solaires évite ces deux extrêmes.

Comme nous le verrons plus loin, l'épaisseur des grains polaires est, en moyenne, de 1″; la largeur moyenne des anfractuosités du relief lunaire qui les découpent sur le bord du Soleil est du même ordre de grandeur. Admettons que la photosphère présente normalement des dénivellations de 0″5; ces saillies, auxquelles, par comparaison avec les facules plus grandes, nous pouvons attribuer une largeur de l'ordre de la moitié de la hauteur, échappent, par suite de l'irradiation, à tout procédé direct d'observation et de mesure. Mais le passage d'une de ces facules derrière une échancrure lunaire augmente du quart de sa valeur

la portion de la surface du Soleil visible en cet endroit(1), et le temps qu'elle met à apparaître ou à disparaître est d'un peu moins d'une demi-seconde : la variation d'éclat du grain auquel elle donne naissance est donc, à la fois, assez considérable pour que l'œil y soit sensible et suffisamment rapide pour qu'il ne les confonde pas dans une sensation moyenne où les oscillations de l'intensité lumineuse, intégrées par la rétine, se neutraliseraient.

Quant au rougeoiment intermittent des perles, on l'expliquerait en supposant que la photosphère disparaît par moments presque complètement de l'échancrure mobile, et qu'une portion de la chromosphère ou de quelque protubérance prend sa place dans ce cadre assombri.

Dans les régions équatoriales, l'apparition et la disparition des grains se font avec une grande rapidité. Ainsi, par exemple, en moins de 0,9 de seconde, le film montre 14 points nouveaux apparaissant au bord occidental sur un arc de 100° (nos 6 et 7), et, en 1sec 3, 9 points s'évanouissant au bord oriental sur un arc de 80°.

C'est surtout dans les régions équatoriales que les grains justifient d'une manière frappante l'appellation de *beads* que leur donna Baily : ils semblent enfilés sur l'arc à intervalles presque réguliers, présentant de loin en loin l'apparence de grains plus épais qui rappellent les gros grains d'un chapelet (nos 7 et 8). C'est cette distribution régulière sans doute qui suggéra à Baily et Arago l'idée d'attribuer ces apparences, au moins partiellement, à une cause subjective d'optique physiologique. S'ils avaient pu observer la manière dont les points se soudent les uns aux autres, deux

(1) On suppose l'échancrure lunaire formée de deux parois latérales inclinées, ayant la pente moyenne des montagnes lunaires, 52°, d'après Zöllner.

à deux, trois à trois, au hasard des massifs lunaires qui les séparent et qui, en se dérobant, laissent se former les ligaments lumineux d'un point à l'autre, ils eussent renoncé à toute idée de régularité et de symétrie ; mais seul l'œil rapide de l'appareil cinématographique peut saisir dans le détail de ses phases successives l'éclair de ces transformations.

Au moment de la phase maximum les grains présentaient, à Namur, une surface totale que nous évaluons au 1/1800 de la surface du disque du Soleil. Les mesures photométriques obtenues au même poste d'observation donnent, comme rapport de l'éclairement minimum à l'éclairement avant l'éclipse la valeur 1/4800 (1). L'intensité des radiations marginales du Soleil est donc moindre que l'intensité des rayons centraux — on le savait déjà — et le rapport de ces intensités est assez voisin du nombre 3, donné par Pickering.

IV. — MESURES

Quelles sont les valeurs astronomiques que l'on peut demander à l'analyse d'un film cinématographique repéré ? On nous permettra d'insister sur la question des mesures, et sur les services que l'astronomie a peut-être trop hésité à demander au cinématographe. D'ailleurs, quoique fort simples, les méthodes que nous allons décrire sont en grande partie nouvelles.

A. — *Les dénivellations marginales du bord lunaire*

L'intervalle de temps, 5 à 6 secondes, qui sépare l'instant où un croissant, d'abord continu, est sectionné

(1) L'étude de ces variations d'intensité faisait l'objet à Namur des travaux du P. Stein d'Amsterdam.

par les sommets lunaires, et l'instant où disparaissent ses derniers vestiges lumineux au fond des vallées, répond au temps que met la Lune à se déplacer, relativement au Soleil, d'une longueur égale à la profondeur des échancrures que présente son profil. On trouve ainsi que ces dénivellations apparentes atteignent 4250 mètres au bord oriental, 5000 mètres au bord occidental, au voisinage des points où se sont produits les contacts moyens.

Dès lors — remarquons-le en passant — l'heure de l'occultation d'une étoile peut varier de 5 ou 6 secondes, suivant que l'étoile se couche derrière un sommet ou au fond d'une vallée, et cette incertitude augmente avec la latitude du point de contact. Les calculs d'occultation ne peuvent pas tenir compte des irrégularités du profil lunaire, qui sont trop imparfaitement connues et que la libration fait d'ailleurs varier. On cherche communément à éliminer dans des moyennes l'effet de ces irrégularités. Il y aurait avantage à adopter pour les calculs d'occultation un rayon lunaire intermédiaire entre le rayon du contour des sommets et le rayon du contour des creux. L'étude du relief lunaire permettrait de choisir un rayon moyen tel qu'il y aurait probabilité égale qu'une étoile soit occultée avant ou après l'instant où elle atteint ce disque lunaire fictif.

Les dénivellations que l'on observe au *profil* de la Lune ne mesurent pas les dénivellations correspondantes du *relief;* celles-ci sont plus considérables. C'est que le fond des creux du profil ne représente pas le fond des vallées de la Lune ou sa surface « générale ». En effet, au fond de la vallée formée par deux massifs lunaires nous voyons, en général, émerger les pics voisins qui la comblent en partie. L'aspect du cercle d'illumination de la Lune au moment d'une quadrature nous en est le garant : au delà de la ligne sinueuse qui y dessine la frontière du jour et de la nuit,

nous voyons émerger de l'ombre un grand nombre de pics isolés que les rayons, une première fois tangents à la surface de la Lune, vont frapper encore au delà du point de tangence.

La hauteur moyenne des montagnes de la Lune que la libration peut amener sur le bord du disque, dans les régions équatoriales, est de 5000 mètres. Il résulterait de ce chiffre que les creux *apparents* qui, au bord de la Lune, raccordent les montagnes sont à une altitude moyenne de 375 mètres au-dessus du niveau général de sa surface.

B. — *Distance apparente des centres de la Lune et du Soleil au moment de la conjonction locale*

1. *Méthode de rotation du croissant.* — Faisons abstraction des irrégularités du profil lunaire, pour considérer les disques du Soleil et de la Lune comme rigoureusement circulaires. Pendant toute la durée d'une éclipse, la droite qui passe par les centres des astres est un axe de symétrie du croissant solaire ou de l'anneau. Soient (fig. 2) L', L'', L''', trois positions du centre de la Lune, et S le centre du Soleil. Les intervalles de temps qui séparent les trois instants considérés permettent de calculer les fragments de trajectoire lunaire L'L'', L''L''' ; la mesure des clichés représentant les trois phases correspondantes du croissant, fait connaître les angles L'SL'', L''SL''', des axes de symétrie. La construction géométrique très simple du problème de Snellius ou de la carte détermine la position du point S par rapport à la droite L'L''' et, par conséquent, la distance minimum, δ, du centre de la Lune au centre du Soleil. Nous laissons les formules générales.

Il suffit théoriquement de trois clichés pris à des intervalles connus pour en déduire la distance des centres à la conjonction locale.

Un film cinématographique, outre son avantage de fournir un très grand nombre de groupes de trois clichés, permet une première simplification des calculs : on peut choisir à loisir sur le film deux phases *symétriques*, répondant à des positions L'' et L'''. Soit φ

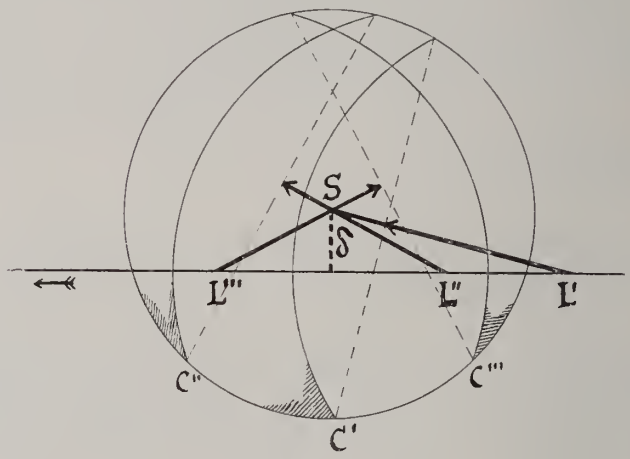


Fig. 2

l'angle formé par les axes de symétrie des deux croissants, d la distance L''L''', on aura

$$\delta = \frac{d}{2} \operatorname{cotg} \frac{\varphi}{2}.$$

On pourra même choisir les phases dont les axes de symétrie forment entre eux un angle de 90°, la formule devient alors

$$\delta = \frac{d}{2}.$$

L'application de cette méthode donne lieu à quelques remarques : les distances L'L'', etc., peuvent être déterminées très exactement, comme nous l'avons dit, au

moyen des intervalles de temps. Toute la difficulté de la mesure consiste dans le choix de phases symétriques ou dans la détermination de la position de l'axe de symétrie d'un croissant. L'axe de symétrie est théoriquement normal à la corde commune, c'est-à-dire à la droite qui joint les deux cornes du croissant ; mais en pratique, le disque de la Lune, irrégulièrement découpé, ne mord pas d'une façon symétrique les deux cornes du croissant solaire. D'un côté l'intersection des deux contours peut avoir lieu au sommet d'une partie saillante, de l'autre au fond d'un creux.

On atténue l'erreur qui résulte de là en se plaçant à une distance suffisamment grande de la ligne de centralité, pour que l'intersection des deux disques se fasse sous un angle notable. On pourrait, aussi, à première vue au moins, se servir de clichés pris sur la ligne de centralité, beaucoup avant et beaucoup après la phase centrale. Le remède est illusoire : on tombe dans un autre inconvénient : la formule, pour donner un résultat un peu précis, exige, dans ce cas, qu'on considère des phases voisines de la phase centrale, car la position de l'axe de symétrie ne varie presque plus quand on s'éloigne de la phase centrale, et la mesure n'aurait plus aucune précision.

2. *Méthode des épaisseurs comparées.* — La méthode que nous allons exposer est propre à l'enregistrement cinématographique. Un mot d'abord sur ce genre de mesures.

Indépendamment de la connaissance de l'heure absolue exacte, un film repéré peut fournir, avec une exactitude presque illimitée, l'intervalle de temps qui sépare deux phases quelconques de l'éclipse. La précision de cette mesure dépend uniquement du nombre de vues qu'on prend à la seconde. Au régime de 14 vues par seconde, par exemple, un déplacement d'une

image sur le film répond à un déplacement relatif de la Lune par rapport au Soleil de 0″028 seulement. On cherchera donc à ramener le plus possible les mesures à la détermination de l'intervalle de temps qui sépare deux images ; les mesures angulaires qu'on déduira ne comporteront pas, de ce chef, d'erreur supérieure à 3/100 de seconde d'arc.

Or, toute valeur numérique qui dépend de la différence entre les épaisseurs de deux arcs de l'anneau ou du croissant pourra être ainsi déterminée : il suffira en effet de chercher, parmi les croissants, les croissants orientaux par exemple, deux croissants présentant les *mêmes épaisseurs* que les deux arcs considérés. L'intervalle de temps qui sépare ces deux croissants donne immédiatement la différence des épaisseurs cherchées. Sur les croissants de comparaison les épaisseurs doivent être estimées suivant la direction du déplacement de la Lune ; cette direction coïncide pratiquement avec celle de la flèche du croissant.

L'avantage de cette méthode est, d'abord, qu'elle élimine complètement les effets d'irradiation ; ensuite, qu'elle remplace la mesure directe toujours délicate d'un photohéliogramme par une comparaison de deux grandeurs *égales*, avec tous les avantages d'une méthode de zéro.

Revenons à la mesure de la distance apparente des centres du Soleil et de la Lune au moment de la conjonction locale.

Soit e' l'épaisseur de l'arc boréal, e'' celle de l'arc austral, R le rayon du Soleil, r celui de la Lune, on a

$$R = e' + r - \delta,$$

$$R = e'' + r + \delta.$$

$$\delta = \frac{e' - e''}{2}$$

La mesure de $e' - e''$ se fait par la méthode indiquée ci-dessus, en fonction de l'intervalle de temps qui sépare deux croissants orientaux ayant même épaisseur que les arcs e', e''. Une seconde valeur est donnée par la comparaison avec deux croissants occidentaux.

Nous trouvons ainsi la valeur moyenne 0″176.

L'approximation de cette valeur dépend uniquement du choix des croissants d'égale épaisseur. Ce choix exige certaines précautions et un peu d'exercice : surtout lorsque les arcs sont sectionnés en grains : il faut alors considérer les épaisseurs moyennes des grains et tenir compte pour l'évaluation de cette moyenne même de la hauteur des massifs lunaires qui séparent ces grains.

Lorsque l'on se trouve dans la zone d'éclipse annulaire l'épaisseur des arcs polaires varie très peu aux environs de la phase maximum. On peut donc comparer l'épaisseur de l'arc polaire de l'anneau à celle d'un arc latéral sur l'image même qui présente cet arc latéral et sans avoir à se rapporter à l'image de la phase maximum. Le choix en est un peu facilité.

En tenant compte de ses fluctuations possibles, l'erreur qui peut affecter la valeur δ trouvée n'atteint pas 0″05.

La distance du poste d'observation à la ligne de centralité est proportionnelle à la distance apparente minimum des centres, et, partant, peut s'en déduire aisément.

D'après nos mesures la ligne de centralité se trouvait à une distance de 405 mètres de l'endroit où nous nous trouvions.

On aura remarqué que la méthode des comparaisons d'épaisseurs n'élimine l'effet d'irradiation que dans une *différence*. Elle suppose donc : 1° que l'irradiation soit la même pour les deux arcs considérés, 2° que l'éclipse soit annulaire : elle doit présenter *deux* arcs polaires.

La première condition n'est réalisée que si les arcs lumineux ont tous deux une épaisseur relativement grande, ou, au moins, s'ils ont à peu près même épaisseur. En effet, l'irradiation produite par un mince filet lumineux est fonction de son épaisseur et ne garde une valeur constante que lorsque l'épaisseur est telle qu'un des bords du croissant n'agisse plus actiniquement au delà du bord opposé (1).

En second lieu, la méthode n'est applicable qu'en des points où l'éclipse est annulaire. Elle peut s'étendre aisément au cas d'observations faites en dehors de la zone d'éclipse annulaire, et même au cas d'éclipses totales : il suffit qu'on installe de part et d'autre de la zone des quatre contacts deux cinématographes synchronisés. Au poste nord on verra un croissant boréal, e', au poste sud, un croissant austral e''. Soit Δ la parallaxe lunaire de la distance des deux postes, c'est-à-dire, l'angle sous lequel de la lune on verrait les deux postes, au poste Nord la distance apparente, δ, des centres sera donnée par la formule :

$$\delta = \frac{e' - e''}{2} + \Delta.$$

Les comparaisons d'épaisseurs peuvent d'ailleurs se faire sur un même film, et restent donc indépendantes de l'irradiation, même si les deux appareils enregistreurs ne sont pas optiquement comparables. Au moyen du film nord on détermine l'heure à laquelle le croissant oriental avait la même épaisseur que le croissant boréal, au moyen du film sud, l'heure à laquelle le croissant oriental avait la même épaisseur que le croissant austral. L'intervalle de ces heures fournit la diffé-

(1) On constate aisément sur le film que l'épaisseur d'un croissant ne varie pas proportionnellement au temps pour les valeurs faibles de l'épaisseur du filet lumineux.

rence cherchée. Ces mesures supposent évidemment un synchronisme parfait des deux postes. Il peut se réaliser sans peine, soit par l'inscription sur les deux films de deux cadrans d'horloge synchronisés électriquement, soit par la méthode des obturations, en faisant, par exemple, osciller devant les objectifs deux pendules synchronisés.

C. — *Ellipticité du disque lunaire*

A la première inspection du film pris à Namur nous avons été frappé du fait que non seulement les parties boréales de l'anneau étaient plus épaisses que les parties australes ce qui indiquait notre position au nord de la ligne de centralité, mais que les parties australes de l'anneau étaient à leur tour plus épaisses que les parties équatoriales (nos 6, 7 et 8).

En regardant donc le disque solaire comme rigoureusement circulaire, il fallait admettre un léger aplatissement du disque de la Lune.

Ce résultat nous mit en défiance : les mesures entreprises avec beaucoup de soin par Bessel et par Wichmann (1) n'avaient révélé aucune ellipticité.

Une confirmation, assez douteuse elle-même, nous fut d'abord donnée par une épreuve très imparfaite d'un cliché annulaire obtenu par M. Blumbach à Griady, entre St-Pétersbourg et Twer : la somme des épaisseurs des arcs polaires semblait l'emporter sur la somme des épaisseurs des arcs latéraux.

Les faits signalés par M. Costa Lobo dans le C. R. de la séance du 28 mai 1912 de l'Académie des Sciences confirmèrent définitivement nos observations : à Ovar sur la côte portugaise, où l'éclipse fut à peu près totale, les images cinématographiques laissent voir le Soleil émerger derrière la Lune *dans les deux régions polaires*,

(1) Astron. Nachr., vol. 27, p. 107.

tandis que dans les zones équatoriales on n'en voit pas trace à plus de 60° de part et d'autre de l'équateur lunaire.

M. Costa Lobo évalue la différence des deux axes lunaires à 4 kilom., ce qui donnerait pour excès du rayon équatorial, r_e sur le rayon polaire, r_p, la valeur angulaire :

$$r_e - r_p = 1''09.$$

Nous ignorons par quelle méthode M. Costa Lobo est arrivé à ce résultat. Il semble s'être basé sur cette donnée que la Lune parcourt environ 1000 mètres par seconde.

Faisons simplement cette remarque : en se basant non sur le déplacement *absolu* de la Lune, mais sur son déplacement *relatif* par rapport au Soleil, qui est d'environ 700 mètres par seconde, on trouve la valeur plus modeste, et, semble-t-il, plus acceptable

$$r_e - r_p = 0''75.$$

N'y aurait-il pas eu là une confusion?

Par une méthode de comparaison analogue à celle dont nous nous sommes servi plus haut, nous avons trouvé pour la même donnée

$$r_e - r_p = 0''47.$$

En attribuant à l'aplatissement du disque lunaire l'épaisseur plus grande des arcs polaires, nous excluons implicitement l'hypothèse, possible sans doute, mais purement arbitraire, de dénivellations accidentellement plus prononcées dans les régions polaires de la Lune que dans les zones équatoriales (1). On ne peut d'ailleurs opposer à la valeur $\frac{1}{2050}$ de l'aplatissement qui

(1) Nous ne tenons pas compte non plus de la différence possible des deux rayons solaires qui (voir page 197, note 1) peut atteindre 0''25.

résulte de nos mesures, les conclusions négatives de Bessel et de Wichmann, quant à l'ellipticité du disque lunaire : la différence de longueur des axes est si minime qu'elle devait échapper à leurs procédés de mesure.

D. — *Différence des demi-diamètres du Soleil et de la Lune*

Le demi-diamètre apparent moyen de la Lune est une des données astronomiques incertaines que le « cas critique » présenté par la dernière éclipse était à même de préciser. On sait que les valeurs adoptées pour cette donnée par les grandes éphémérides astronomiques diffèrent de 1'18", tandis que pour le demi-diamètre apparent moyen du Soleil, on s'en tient à une valeur uniforme. Le calcul du demi diamètre de la Lune revient donc pratiquement à celui de la différence des demi-diamètres des deux astres. Celle-ci est elle-même en relation étroite avec la durée de la phase annulaire de l'éclipse.

Soit d (fig. 3) la distance des positions occupées par le centre de la Lune au moment des contacts moyens, δ, la distance des centres à la phase maximum, $C'S' = R$, le rayon du disque solaire, $L'S' = r$, celui du disque lunaire, on aura :

$$(R - r)^2 = \delta^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2.$$

L'application de cette formule nous oblige à reprendre, sous peine de rester dans une lune « moyenne » au contour très flottant, la distinction des deux disques lunaires, celui des sommets et celui des creux, et à séparer ainsi deux éclipses superposées.

Nous obtenons :

$$r'' - R = 1''69, (1)$$
$$R - r' = 0''88.$$

Autre conséquence, facile à prévoir, de ce dédoublement de l'éclipse, le point de tangence est différent suivant qu'on considère le disque des sommets ou le disque des creux : c'est ainsi qu'en appliquant la relation (fig. 3) :

$$tg\ \alpha = \frac{2\delta}{d}.$$

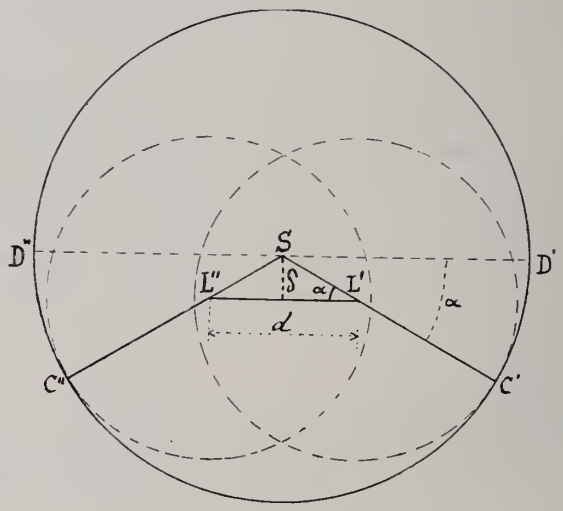


Fig. 3

à chacun des disques, on trouve :

$$\alpha' = 11°33',$$
$$\alpha'' = 6°,$$

ces angles étant comptés vers le sud, à partir du dia-

(1) Ces valeurs se rapportent évidemment aux demi-diamètres apparents des astres à l'heure de la phase centrale à Namur. Nous ne les avons pas ramenées à leurs valeurs moyennes.

mètre solaire D'D'', parallèle à la trajectoire relative de la Lune.

Les valeurs de r' et de r'' considérées ci-dessus, doivent subir une correction provenant de l'ellipticité du disque. En réalité, la valeur C'L' ou r' (fig. 3) est celle du demi-diamètre lunaire qui forme avec le grand axe de l'ellipse un angle de 11°33'.

Connaissant l'aplatissement et une valeur approchée d'un des demi-axes, on peut calculer les corrections à apporter pour obtenir les demi-axes r_c, r_p du disque r'. On trouve ainsi :

$$R - r_c = 0''81,$$
$$R - r_p = 1''28.$$

On trouverait de même les demi-axes du disque r''.

Nous ne saurions mieux clore ce chapitre des mesures qu'en déduisant de l'ensemble des valeurs numériques trouvées les épaisseurs de l'anneau central en différents points.

L'épaisseur de l'arc boréal est égale à la différence $R - r_p$, augmentée de la distance des centres δ; celle de l'arc austral est égale à cette même différence diminuée de la distance des centres; celle des arcs latéraux est égale à la différence $R - r_c$.

On obtient de cette manière :

arc boréal : 1''456
arc austral : 1''104
arcs latéraux : 0''81.

En supposant le Soleil et la Lune immobilisés au moment de la phase maximum, un observateur s'écartant de la ligne de centralité normalement à cette ligne eût vu décroître à mesure l'épaisseur de l'arc boréal : arrivé à la limite de la zone des quatre contacts, il en eût vu disparaître le dernier tronçon. Le

chemin parcouru eût été égal à la moitié de la largeur de la zone des quatre contacts. A Namur, cette zone avait, d'après les valeurs trouvées plus haut, une largeur de 5850 mètres.

V. — DISCUSSION DE QUELQUES RÉSULTATS

1. Nous avons désigné par r' le rayon d'un contour lunaire fictif passant par le fond des creux de la dentelure. Même abstraction faite de l'aplatissement du disque, cette *assimilation* a quelque chose d'arbitraire : en réalité le contour polygonal plus ou moins régulier que l'on formerait en joignant de proche en proche le fond des creux n'est pas exactement inscriptible dans une circonférence. Placés devant ce contour brisé, deux calculateurs différents pourraient admettre comme circonférence équivalente deux circonférences différant par la position du centre comme par la longueur du rayon. Cette ambiguité inévitable — car dans toute mesure on trouve implicitement la substitution d'un schéma géométrique mental au corps réel qu'on veut mesurer — ne peut entraîner ici de divergences sensibles.

2. Mais *la mesure* de ce rayon fictif r' appelle aussi une observation. On se rappelle que nous en avons déduit la valeur, de l'intervalle de temps qui sépare l'apparition du *premier* grain occidental au voisinage du point de tangence et la disparition du *dernier* grain sur l'arc opposé. Si l'on veut y réfléchir, on verra que nous avons mesuré en somme, *une seule* des diagonales de notre contour polygonal et que nous l'avons prise pour diamètre de notre disque fictif. Était-ce bien sage ? et n'eût-il pas mieux valu prendre une moyenne de quelques diagonales du polygone ? Il eût suffi à cet effet de faire intervenir l'intervalle de temps qui sépare

l'apparition du troisième point, par exemple, et l'instant où il n'en reste plus que trois de l'autre côté. Les mots *par exemple* que nous avons dû introduire dans la phrase précédente expliquent pourquoi, désirant éviter le plus possible l'arbitraire dans les définitions, nous avons agi autrement, sauf à interpréter ultérieurement le résultat d'une façon rigoureuse. Or, remarquons d'abord que l'apparition des grains est tellement rapide aux environs du point de tangence, que la valeur R-r' que nous avons déduite de la considération des *premiers* grains, ne subirait aucun changement appréciable, si l'on voulait se rapporter à l'apparition des seconds grains, et ne diminuerait que de 0″03, si l'on attendait l'apparition du troisième et même du sixième grain.

Remarquons en outre, qu'il est bon que la valeur r' qu'on adopte pour rayon du disque des creux dans le calcul des éclipses soit un *minimum*. C'est en effet de ce rayon minimum que dépendra, dans une éclipse donnée, l'instant où, tout point lumineux ayant disparu, l'éclipse sera *totale : bonum ex integra causa*, disait l'École, *malum ex quocumque defectu*.

Inutile d'ajouter que la valeur du rayon r'' donnerait lieu à des remarques semblables.

3. La surface générale de la Lune est, nous l'avons dit, 375 m. plus bas que le fond des creux apparents du profil. Si nous désignons par ρ_e et par ρ_p les deux demi-axes de l'ellipsoïde général, nous aurons

$$R - \rho_e = 1'',03,$$
$$R - \rho_p = 1'',50.$$

Les rayons ρ_e, ρ_p intéressent surtout la physique lunaire, le rayon r', combiné en une moyenne convenable avec le rayon r'' serait utile dans le calcul des occultations; enfin le rayon r' devrait être utilisé dans le calcul des éclipses.

VI. — CONCLUSION (1)

Notre but principal en écrivant cette note était de montrer comment, par des moyens d'une grande simplicité, le cinématographe pouvait fournir avec une précision et une sûreté qu'on ne peut attendre de l'observation visuelle directe, les valeurs de plusieurs données astronomiques importantes.

Enhardis par le résultat obtenu récemment dans des conditions presque improvisées, les observateurs — nous n'en doutons pas — auront recours à l'avenir avec plus de confiance aux services de ce modeste auxiliaire. Ils songeront d'ailleurs à réaliser dans les dispositifs employés jusqu'ici, sans adaptation très spéciale au but à poursuivre, des améliorations qui s'imposent. Signalons quelques progrès possibles :

1. On ne peut augmenter beaucoup la *dimension des images* sans dérouler des longueurs de film exorbitantes à des vitesses incompatibles avec la stabilité d'un appareil dont le mouvement procède essentiellement par saccades. Sur les films normaux, où le cadre de chaque vue mesure 19 mm. de hauteur sur 25 mm. de largeur, le diamètre de l'image du Soleil ne peut guère dépasser 15 mm. En introduisant une modification assez légère

(1) *Note explicative de la planche ci-contre :*

En regard des clichés cinématographiques reproduits ici, nous avons placé un schéma des massifs lunaires les plus élevés qui peuvent se profiler au bord du disque.

Ces massifs déterminent les points probables de sectionnement de l'anneau, et les intervalles qui les séparent constituent les zones privilégiées d'apparition de grains lumineux. Il est très aisé d'identifier la plupart des tronçons lumineux du croissant et de l'anneau solaire. Le lecteur retrouvera aisément au n° 1, par exemple, les grains 1 et 6 ; au n° 3, les grains 1, 3, 6, 7, 8 ; au n° 4, les grains 1, 2, 3, 6, 7, 8 ; au n° 7, les grains 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ; au n° 9, les grains 1, 3, 4, 5. 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Les arcs lumineux 6, 7, 8 sont particulièrement bien marqués et sont séparés par deux plages sombres formées par les deux plus puissants massifs lunaires : les monts Leibnitz et les monts Doërfel, qui atteignent 10 000 m. d'altitude.

CLICHÉS CINÉMATOGRAPHIQUES

Agrandissement : 3 fois

Chaque cliché porte l'indication de l'*heure absolue* (temps de Greenwich) et celle de l'*heure relative* par rapport au milieu de l'éclipse, pris pour origine du temps.

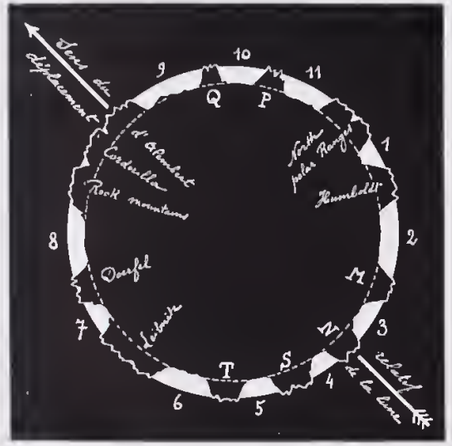


Schéma des principaux massifs lunaires visibles au bord du disque lunaire. (1)

1. NEISSON, *Sélénographical Journal*, t. III, pp. [illegible]

18. 12 h 16 m 1 sec, 30 + 31 sec, 55

15. 12 h 15 m 37 sec, 60 + 7 sec, 85

17. 12 h 15 m 48 sec, 45 + 18 sec, 70

14. 12 h 15 m 36 sec, 70 + 6 sec, 95

16. 12 h 15 m 39 sec, 80 + 10 sec, 05

13. 12 h 15 m 35 sec, 80 + 6 sec, 05

12 12 h 15 m 33 sec, 00 + 3 sec, 25

9. 12 h 15 m 29 sec, 45 0 sec, 30

11. 12 h 15 m 29 sec, 95 + 0 sec, 20

8. 12 h 15 m 28 sec, 83 — 0 sec, 92

10. 12 h 15 m 29 sec, 75 0 sec

7. 12 h 15 m 28 sec, 65 — 1 sec, 10

6. 12 h 15 m 28 sec, 10 — 1 sec, 65

3. 12 h 15 m 25 sec, 35 — 4 sec, 40

5. 12 h 15 m 27 sec, 45 — 2 sec, 30

2. 12 h 15 m 20 sec, 70 — 9 sec, 05

4. 12 h 15 m 27 sec, 35 — 2 sec, 40

1 12 h 15 m [illegible], 75 — 22 sec

dans les dispositifs enregistreurs existants, on pourrait présenter pour chaque vue à l'objectif une partie du film de surface équivalente à une vue normale et demie. Les dimensions du Soleil pourraient atteindre alors 22 mm.

2. En adoptant une fréquence de 10 vues par seconde, qui est amplement suffisante, on conserverait la longueur de film qui eût été impressionnée, dans le même temps, au cours d'un enregistrement normal.

3. Si l'on se rappelle le principe des méthodes de mesure dont nous avons parlé plus haut, on verra qu'il est de la plus haute importance d'assurer à l'appareil enregistreur une régularité de fonctionnement parfaite, afin de pouvoir déterminer avec précision l'intervalle de temps qui sépare deux phases données. Il y aura lieu, peut-être, de confier à un moteur l'entraînement du film et de l'obturateur rotatif.

4. Afin d'éliminer le plus possible les halos, il faut se contenter, en général, de poses très courtes ; mais il serait très avantageux, au point de vue de l'interprétation des images, de pouvoir les comparer aux images d'un autre film synchrone obtenues avec une durée de pose plus grande. On serait donc amené ainsi à faire fonctionner côte à côte deux appareils, dont on pourrait assurer le synchronisme, soit en photographiant en cartouche sur chaque image des deux films un même cadran d'horloge, soit en solidarisant mécaniquement les deux dispositifs d'entraînement du film ; un seul point de repère marqué sur les deux films, par exemple, une obturation supplémentaire, permettrait de juxtaposer ensuite pour l'examen les deux séries de vues homologues.

D. Lucas, S. J. et F. Willaert, S. J.

VARIÉTÉS

I

LES MÉTHODES MODERNES D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE PAR ARCS

Dans ces dernières années, on a entendu fréquemment des ingénieurs émettre l'opinion que l'éclairage électrique par arcs avait fait son temps, et qu'il devait céder la place aux lampes à incandescence à filament métallique. De fait, nous voyons celles-ci prendre tous les jours plus d'extension et remplacer bien souvent des lampes à arc. Ces dernières seraient-elles donc condamnées et appelées à disparaître ? — Nous ne le pensons pas. Ces deux modes d'éclairage subsisteront côte à côte, leurs applications étant différentes, et l'on peut prévoir que les arcs, grâce à leur rendement lumineux élevé, sont assurés d'un bel avenir.

C'est sur le fonctionnement économique *des arcs modernes,* que je désire attirer l'attention ; mais afin de mieux le mettre en lumière, j'envisagerai d'abord brièvement la question de l'éclairage électrique, en général.

Il existe deux méthodes de production de la lumière : l'une, *indirecte*, recourt à l'*incandescence ;* l'autre, la *méthode directe,* utilise la *luminescence.* C'est cette dernière surtout, que l'on cherche actuellement à appliquer.

Quand, en fournissant à un corps de l'énergie sous une forme quelconque — calorifique, électrique ou autre — on élève sa température, il arrive un moment où ce corps devient lumineux : on dit qu'il est porté à l'*incandescence.* La lumière émise est due à la transformation en ondes lumineuses d'une partie de l'énergie dépensée. Elle augmente avec la température, mais

si élevée que celle-ci puisse être, fût-elle portée au point où le corps se volatilise, elle ne représente jamais qu'une très minime fraction de l'énergie totale ; le reste est inutilisé pour le but poursuivi, et se dissipe sous forme de chaleur rayonnante.

Ce mode de production de la lumière par incandescence, est donc bien une méthode *indirecte :* elle donne surtout de la chaleur, que l'on ne désirait pas, et ne fournit l'énergie lumineuse que comme une sorte de sous-produit. On conçoit dès lors qu'il ne sera jamais possible d'arriver par cette voie à un mode d'éclairage réellement économique.

La chaleur est l'état infime de l'énergie : sous tous ses aspects, elle se laisse toujours très facilement ramener à cette forme; mais la transformation inverse est, dans tous les cas, une opération peu pratique et à mauvais rendement. Aussi, chaque fois qu'on passe d'abord par la forme calorifique de l'énergie avant d'atteindre celle qu'on poursuit, comme dans la machine à vapeur, le moteur à gaz, la lampe à incandescence, on doit se contenter d'un coefficient d'utilisation assez faible, ce qui oblige à mettre en jeu des quantités de plus en plus considérables d'énergie, si l'on veut en augmenter la manifestation pratique. Tout le progrès réalisé dans les lampes à incandescence a consisté uniquement à élever la température du filament, de manière à disposer de plus de chaleur. On est ainsi arrivé à un rendement lumineux de 2 %; c'est-à-dire, qu'avec les lampes les plus perfectionnées, on ne retire en lumière que $\frac{1}{50}$ de l'énergie fournie. Alors qu'une transformation complète nous donnerait *50 bougies* environ *par watt,* on s'estime très heureux quand actuellement on obtient 1 bougie, et l'on ose à peine espérer 1 1/4 ou 1 1/2 bougie par watt ! Cela en atteignant les plus hautes températures pratiquement réalisables, et en choisissant les meilleurs corps radiants.

La lampe à arc ordinaire que tout le monde connaît fonctionne aussi par incandescence. L'arc proprement dit ne fournit en effet que fort peu de la lumière émise, 5 % environ. La majeure partie provient du charbon positif creusé en cratère et porté à l'incandescence. Le rendement relativement élevé de cette lampe est dû surtout à la haute température à laquelle elle fonctionne et qui est ici celle d'ébullition du carbone. Malgré cela et à cause même de ce caractère d'incandescence, l'utilisation de l'énergie est encore bien incomplète; on n'obtient guère que 2 bougies par watt.

C'est dans ces dernières années seulement, grâce à la décou-

verte des nouveaux arcs intensifs, que la technique de l'éclairage électrique a fait véritablement un pas en avant. Laissant de côté les méthodes peu pratiques qui donnent la lumière comme un sous-produit de la chaleur, on s'est efforcé de réaliser la transformation directe de l'énergie électrique en lumière, en recourant à la *luminescence*. On arrive de cette manière aux rendements beaucoup meilleurs de 3 et même de 5 bougies par watt, bien que la température de ces nouvelles sources d'éclairage soit notablement plus basse que celles dont nous venons de parler.

Ces nouvelles lampes à arc se divisent en deux catégories bien distinctes : les *lampes à flamme* et les *arcs lumineux*. Dans ces deux types, la lumière émise provient exclusivement de l'arc lui-même, et ils ne diffèrent entre eux que par la façon dont ce résultat est obtenu.

L'*arc à flamme,* connu seulement depuis 6 ou 7 ans, utilise, comme l'ancienne lampe à arc, des électrodes en charbon. L'arc est rendu lumineux au moyen de sels minéraux, mélangés intimement au carbone des crayons et vaporisés par la chaleur inévitable dégagée par le passage du courant. Le rôle du carbone se borne donc à créer, entre les extrémités des crayons, une atmosphère de vapeurs conductrices, rendue éclairante par les substances minérales. Ces dernières jouent simplement le rôle d'illuminants et n'ont rien à voir avec le courant électrique. Telle est la caractéristique de ce genre de lampes, auxquelles on a donné le nom d'*arcs à flamme* à cause des fumées produites par la volatilisation des sels colorants. Ceux-ci viennent surtout de l'*électrode positive,* qui sera par conséquent toujours formée d'un charbon minéralisé ; l'électrode négative peut être formée, à la rigueur, par un charbon ordinaire, sauf dans le cas de courant alternatif, où chaque électrode devenant successivement positive et négative, on fait usage, pour les deux, de charbon minéralisé.

Ces lampes fonctionnent sous un voltage de 40-80 volts, avec les crayons verticaux ou inclinés en V.

L'*arc lumineux,* appliqué pour la première fois en 1903 aux États-Unis, diffère essentiellement de l'*arc à flamme*. Tandis que dans celui-ci l'illuminant est indépendant du courant, ici les vapeurs *conductrices* sont elles-mêmes la source de la lumière. Les vapeurs de carbone donnant très peu de clarté, on a dû faire appel à d'autres corps, dont les plus employés sont le Fer et le Titane. Une autre caractéristique est que seule l'*électrode*

négative joue un rôle actif ; elle se consume en donnant naissance aux vapeurs lumineuses de l'arc. Elle est ordinairement en magnétite, oxyde magnétique de Fer, $Fe^3 O^4$, allié à des composés de Titane qui augmentent l'intensité lumineuse. On ajoute souvent à ce mélange de l'oxyde de chrome qui a la propriété de prolonger la durée de ce crayon : elle peut atteindre à l'air libre 150 à 175 heures, pour un crayon de 20 cm.

Quant à l'électrode positive, elle est passive et ne prend aucune part à l'éclairage. On la fait ordinairement en cuivre, et on lui donne des dimensions suffisantes pour la maintenir à basse température.

Cette lampe ne fonctionne qu'en courant continu, avec une tension de 75-80 volts. Dans le cas de courant alternatif, il faut lui adjoindre un redresseur ; les soupapes à mercure semblent remplir très bien ce but (1). L'expérience a montré que l'on se trouvait dans les meilleures conditions de fonctionnement, en disposant les crayons verticalement, dans le prolongement l'un de l'autre, le cuivre en haut.

En résumé, la différence essentielle entre ces deux types de lampes est donc celle-ci : La lampe à flamme est un arc à vapeurs de carbone colorées ; l'arc lumineux est formé de vapeurs métalliques lumineuses par elles-mêmes.

En éclairage, plus peut-être que dans tout autre domaine des applications de l'électricité, le succès d'une installation dépend avant tout d'un choix judicieux des appareils, donnant à chacun le rôle qui lui convient le mieux. Il est dès lors important d'insister sur les caractéristiques des différents modes d'éclairage, puisqu'elles déterminent, pour chacun d'eux, les applications où il présente un avantage notable sur les autres et pour lesquelles il convient de l'employer de préférence.

Pas plus que les autres types de lampes, les arcs intensifs ne peuvent convenir partout et toujours ; pour pouvoir délimiter leur champ d'application, examinons leurs propriétés, leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans l'*arc à flamme*, la température des extrémités des électrodes doit être suffisante pour assurer la vaporisation régulière des produits éclairants. Si le courant est trop faible, les élec-

(1) La construction de ces soupapes repose sur le principe suivant : le courant passe aisément du graphite à la vapeur de mercure, mais non du mercure au graphite, dont on fait l'électrode positive.

trodes ne s'échauffent pas assez et l'arc perd de sa luminosité. C'est donc comme grosse unité d'éclairage, à forte puissance, qu'il convient de l'employer. Avec la même dépense, il donnera une lumière beaucoup plus intense que l'ancien arc à charbon, mais il ne pourra servir économiquement à produire le même éclairage que celui-ci en utilisant moins de courant.

Pour l'*arc lumineux* au contraire, la lumière émise directement par les vapeurs conductrices dépend beaucoup moins de la température des extrémités des crayons. Elle ne diminue pas rapidement, comme dans le cas précédent, avec la décroissance du courant. Ce type de lampe convient donc mieux pour un éclairage de faible puissance. Cette première remarque montre déjà que chacun de ces deux types d'arcs aura des applications très différentes ; mais il convient de pousser plus loin ce parallèle.

L'*arc à flamme* est à base de carbone. Or on sait que si on laisse ce corps brûler à l'air libre, il se consume rapidement. Pratiquement, on doit remplacer les crayons après 15 à 16 heures de fonctionnement. Comme ils coûtent sensiblement plus cher que les charbons ordinaires, les frais d'exploitation de la lampe à air libre sont élevés. Aussi, n'utilise-t-on guère que l'*arc enfermé* où les charbons ont une durée de 100 à 120 heures. A cause des fumées dégagées, la fermeture ne peut être celle de la lampe à carbone ordinaire. Il est nécessaire de prévoir ici une circulation effective de l'air occlus, de manière à éliminer ces vapeurs en les entraînant dans une sorte de chambre de condensation. On est arrivé à ce résultat en utilisant des globes de forme particulière, divisés en deux compartiments séparés par une partie étranglée. L'arc se produit dans le compartiment supérieur, dont la température est élevée ; le compartiment inférieur reste à température relativement basse et les fumées viennent s'y déposer ; l'étranglement sépare nettement la partie opaque du globe de la partie utile qui reste transparente. Avec l'arc enfermé, les charbons sont toujours disposés verticalement, tandis qu'à l'air libre ils sont le plus souvent inclinés en V.

Au début, on a eu beaucoup d'ennuis avec les crayons des lampes fermées. La consommation des électrodes étant fortement réduite, la quantité d'illuminant introduite dans l'arc devenait insuffisante, et de ce fait la lumière émise trop faible. Pour obvier à cet inconvénient, on a fait usage de charbons contenant une plus forte proportion de principes minéraux. On a cependant dû agir avec prudence, car une teneur élevée de matières non conductrices rendait difficile le passage du courant.

surtout à l'allumage. Actuellement, en fabriquant les crayons avec un mélange très homogène de carbone et de sels éclairants dans la proportion de 30 %, broyé et cuit avec grand soin, on est arrivé à un fonctionnement parfait. C'est ainsi que l'on a obtenu des résultats surprenants avec du courant alternatif à 25 périodes seulement, actionnant des lampes de 7 1/2 ampères, sous 65 volts.

L'*arc lumineux*, grâce à l'absence de carbone dans les électrodes, peut sans inconvénient être maintenu à l'air libre et y brûler de 100 à 200 heures sans demander le remplacement des crayons. Comme il n'exige pas de fermeture spéciale, son entretien est plus facile, et de ce chef il possède un avantage sérieux pour l'éclairage public.

Suivant que l'on se sert, pour imprégner les charbons, de sels de Calcium, de Strontium ou de Baryum, l'*arc à flamme* est de couleur *jaune, rougeâtre* ou *blanche*. Pratiquement, les meilleurs résultats ont été atteints avec le fluorure de calcium ; il donne une lumière d'un jaune intense. Si l'on désire retirer tous les avantages économiques de cette lampe, c'est cette substance qu'il convient d'utiliser. Il serait évidemment préférable d'avoir une belle lumière blanche. Malheureusement dans ce cas, le rendement lumineux devient faible, et ce mode d'éclairage ne présente plus alors d'avantages assez marquants pour être préféré à l'ancienne lampe à arc.

Pour les *arcs lumineux*, on a réussi à trouver des composés de Titane qui, avec un rendement élevé, donnent la coloration blanche désirée.

Évidemment, la teinte jaune usuelle de l'arc à flamme constitue un désavantage qui réduit considérablement ses applications. Si nous comparons deux lampes à arc de même intensité lumineuse, l'une à lumière jaune, l'autre à lumière blanche, et *vues de près*, la première aura un éclat éblouissant et paraîtra donner un éclairage de beaucoup supérieur à l'autre. Regardées *de loin*, au contraire, c'est l'inverse qui se présente : la lampe blanche semble être plus brillante que sa concurrente, même si celle-ci est d'une puissance lumineuse absolue plus considérable. On peut très bien se rendre compte de cette différence dans les grandes villes, où l'éclairage public est obtenu par lampes à arc ordinaire et où des magasins font usage, pour l'extérieur, d'arcs à flamme. Vus de loin, ceux-ci paraissent fournir une quantité de lumière négligeable, devant celle des lampes à carbone, tandis que de près, c'est exactement l'effet opposé que l'on observe. Il

s'ensuit que la véritable utilisation des lampes à flamme se trouve là où l'on désire produire un grand effet lumineux à *faible distance*. Elles conviendront donc pour l'éclairage intensif des carrefours, des vitrines, des magasins et pour la réclame.

L'*arc lumineux* étant dû à des particules métalliques volatilisées, qui servent de conducteur au courant, est d'un réglage beaucoup plus difficile qu'un arc à carbone. Son instabilité provient des fluctuations rapides de la résistance de l'arc, dont il faut rechercher la cause dans la température relativement basse, 2000° environ, à laquelle il fonctionne. Avec le carbone, la température de l'arc est suffisamment élevée, 3700°, pour que l'air qui l'entoure soit rendu conducteur, de sorte que sa résistance électrique est indépendante de la quantité de vapeurs produites. On n'arrive pas à ce résultat avec l'*arc lumineux* et les variations inévitables qui se produisent dans la masse de vapeurs qui le composent, affectent immédiatement sa résistance. On observe par conséquent des fluctuations dans la valeur du courant, si le voltage est maintenu constant, ou bien des changements dans le voltage, si c'est le courant qui est gardé invariable. Comme la *lampe à flamme* est à base de vapeurs de carbone, elle ne présente pas cet inconvénient. La conséquence à en tirer est que l'*arc lumineux* doit être pourvu d'un mode de réglage précis; encore ne fonctionne-t-il jamais très convenablement *sous voltage constant*. Il réclame plutôt le montage en série avec *courant constant*, les variations locales de voltage s'équilibrant alors, plus ou moins, sur le grand nombre de lampes. L'*arc lumineux* s'utilise donc surtout en grandes séries alimentées par du courant à intensité constante; tandis que l'*arc à flamme* convient mieux aux circuits à potentiel invariable.

Par sa nature même, l'*arc à flamme* exige un mécanisme de réglage différent et beaucoup plus précis que celui des anciennes lampes. Pour celles-ci, il suffit de maintenir constant le voltage aux bornes, car l'arc lui-même n'émettant que peu de clarté, sa grandeur n'influe en aucune façon sur l'éclairage total. Tout autres sont les conditions pour les *lampes à flamme* dont la lumière provient directement de l'arc et où, par conséquent, une variation dans sa longueur a une répercussion immédiate sur l'éclairage. C'est cette longueur qu'il faut ici maintenir invariable et non plus le voltage, dont le réglage exact donnerait lieu à un papillonnement continuel de la lumière.

En résumé, les lampes à arc conviennent très bien pour l'éclairage public et on emploie couramment dans ce but, l'arc à

charbons ordinaires, à l'air libre ou enfermé. Si l'on recherche — c'est le cas habituel — à réduire les frais d'entretien et à produire de la lumière blanche, l'*arc à flamme* n'est pas généralement à conseiller. Pratiquement, depuis quelques années, on fait usage avec grand profit, pour l'éclairage des rues, d'*arcs lumineux à la magnétite* de 4 Ampères. Pour augmenter la clarté à certains carrefours, on utilise la lampe de 6 Ampères et surtout l'arc à flamme qui remplit alors très bien le but que l'on se propose. Pour l'éclairage rural, où il n'est pas nécessaire d'avoir des sources lumineuses aussi intenses, malgré son rendement manifestement moins élevé, la lampe à filament métallique de 40-100 bougies a de loin l'avantage.

Le véritable champ d'application de la lampe à flamme est l'éclairage ornemental extérieur des magasins, des théâtres, etc., car elle permet d'obtenir économiquement une très grande intensité lumineuse. Pour l'intérieur il vaut mieux donner la préférence à la lampe à arc ordinaire et surtout à la lampe à incandescence. Dans les ateliers, tels que les fonderies, aciéries, etc., les arcs intensifs dont nous avons parlé, peuvent être utilisés avantageusement. Cependant, la couleur jaune de l'arc à flamme le fait rejeter dans beaucoup de cas, et il est à prévoir que son emploi ne se généralisera que le jour, où avec un rendement lumineux élevé, il permettra d'obtenir de la lumière blanche.

Grâce à l'économie énorme de courant qu'elles procurent, ces sources d'éclairage par luminescence seront appliquées de plus en plus. Déjà en Amérique des villes entières se servent avec grand avantage de la lampe à magnétite pour l'éclairage des rues. En Europe, c'est surtout la lampe à flamme qui se répand, pour l'éclairage intensif extérieur. Si perfectionnée qu'elle soit, la lampe à incandescence à filament métallique n'arrivera jamais aux basses consommations de ces nouvelles lampes à arc. Celles-ci, dans leur champ propre d'application, n'ont donc à craindre aucune concurrence, et assurent à l'éclairage électrique par arc, au point de vue économique, la première place qui lui avait été sérieusement disputée depuis quelque temps.

MAURICE DEMANET,
Ingénieur électricien.

II

LA CARTE AÉRONAUTIQUE INTERNATIONALE

—

Depuis longtemps les aéronautes connaissent la difficulté de s'orienter au cours d'un voyage aérien lorsque le vent les pousse au-dessus de contrées peu ou pas connues. Tous cherchent à utiliser le mieux possible les cartes des régions traversées et si, le jour, la tâche est relativement aisée, la nuit, la difficulté se représente tout entière. Si le ballon navigue à proximité d'une côte maritime, elle porte avec elle la menace d'un danger considérable.

La nuit, en effet, le réseau routier, les rivières, les chemins de fer, toutes les caractéristiques de la surface du sol disparaissent pour l'aéronaute, tandis que seules les lumières des agglomérations, les phares et les bouées lumineuses se montrent à lui. Pouvait-on les représenter sur une carte ? De bons esprits l'ont pensé et c'est ainsi qu'est née, en Allemagne, la première carte aéronautique due à l'initiative du Colonel Moedebeck. Grâce à ses efforts une commission fut constituée au sein de l'Aéro-Club d'Allemagne, commission qui entreprit la transformation, à l'usage des aéronautes, de la carte au 300 000e de l'Europe Centrale.

Cette carte fut surchargée de signes conventionnels nouveaux représentant les principales lumières visibles la nuit ; on y ajouta les réseaux électriques à transport aérien qui constituent un danger pour les aéronautes, et enfin on signala le siège des associations aéronautiques, les usines à gaz, etc., comme offrant des facilités d'information et de ravitaillement.

Le Colonel Moedebeck avait adopté la carte au 300 000e de l'Europe Centrale de préférence à la carte au 300 000e de Liebenow et à la carte au 200 000e de l'Institut Cartographique Prussien, à cause de son prix peu élevé d'une part, et d'autre part à cause de l'étendue considérable de territoire (1) qu'elle recouvrira lorsqu'elle sera complètement éditée.

La carte de l'Europe Centrale ne donne pas la représentation du relief par contours hypsométriques, et l'objection en fut

(1) La carte complète s'étendra des côtes orientales d'Angleterre au cœur de la Russie, du 46e au 60e parallèle de latitude Nord. L'utilité qu'il y a à disposer de la représentation d'un territoire aussi vaste *dans un système unique e projection* est incontestable.

bientôt faite par le Cte Zeppelin au moment où l'inlassable ténacité de celui-ci fut récompensée par le succès de ses premiers voyages en dirigeable. La carte était indispensable au pilote du dirigeable, non seulement au point de vue de l'orientation en plan, mais encore du régime en altitude. La région du lac de Constance a, en effet, un relief relatif très marqué : montagnes et collines aux pentes accentuées y séparent des vallées longues et profondes, communiquant entre elles par des cols assez élevés au-dessus du niveau du point de départ. Or le dirigeable doit naviguer bas : monter, c'est pour lui perdre du lest et du gaz et diminuer son rayon d'action ; pour établir un circuit fermé, il faut utiliser adroitement les vallées afin de ne pas gagner inutilement en altitude, et à cet effet il est très utile de connaître les courbes hypsométriques de la région.

C'est la raison pour laquelle le Cte Zeppelin opposa à la carte adoptée par le Col. Moedebeck, la carte au 200 000e de l'Institut Cartographique Prussien, carte où les courbes de niveau sont représentées à l'équidistance de 100 mètres. Le Cte Zeppelin proposait de la recouvrir de teintes plates affectées chacune à une zone hypsométrique limitée à deux courbes voisines ; de plus il complétait la carte par l'adjonction de signes nouveaux pour les lumières, les lignes de transport de force électrique, les ravitaillements, etc.

L'œuvre du Col. Moedebeck à peine entreprise était donc menacée dans son existence même, mais lorsqu'il eut obtenu de l'Institut Cartographique Prussien l'impression des courbes de niveau sur un tirage spécial de la carte au 300 000e, toutes les objections tombèrent et l'entreprise continua.

Plusieurs feuilles ont paru, et l'on se demande maintenant si l'œuvre sera jamais complétée ; elle ne semble plus en effet adéquate aux besoins actuels de l'aéronautique.

L'effet de la carte n'est pas très heureux : elle est surchargée de détails et d'une lecture plutôt difficile ; de plus, son échelle n'est pas très avantageuse. Ces inconvénients n'ont pas, il est vrai, grande importance pour les pilotes de ballons sphériques ou dirigeables, mais ils revêtent une importance considérable au point de vue particulier de l'aviation qui représente l'avenir de l'aéronautique.

Qu'exige l'aviateur ?

Il doit pouvoir se repérer rapidement en comparant la carte au sol dont elle est l'image ; reconnaître les endroits où un danger le guette sur le fond de l'océan aérien et ceux où l'atterrissage est facile ou un ravitaillement possible.

L'élément qui l'emporte ici sur tous les autres, c'est la rapidité de l'orientation ; plus la carte sera simple, mais, en même temps, imagée, plus vite l'aviateur disposera du renseignement utile.

L'œil ne perçoit pas d'en haut la plupart des détails de la surface du sol ; il n'en voit que les grandes lignes dont le tracé se ramène par la perspective dans un plan unique ; c'est ce tracé toujours caractéristique que la carte doit reproduire avec tout le pittoresque possible.

On l'a très bien compris en France où deux tentatives ont été faites dans ces derniers temps, l'une par le Service Géographique de l'Armée Française, l'autre par l'Aéro-Club de France.

Au point de vue du figuré du sol, la principale différence entre les cartes publiées consiste dans la coloration des routes : le Service Géographique les représente en blanc, comme on les voit en réalité de haut, l'Aéro-Club de France les figure en rouge comme elles le sont sur beaucoup de cartes topographiques. La première manière paraît la plus avantageuse.

La connaissance exacte de l'altitude du sol survolé n'est pas indispensable pour l'aviateur. Il peut s'élever aussi haut que son moteur le porte et, dans les circonstances actuelles, ce n'est que très exceptionnellement qu'il vole soit au-dessus des nuages, donc très haut et sans aucun danger, dans une bonne partie de l'Europe, de rencontrer un récif terrestre, soit dans le brouillard, et alors ce qu'il a de mieux à faire c'est d'essayer un atterrissage heureux en attendant que le ciel s'éclaircisse. Presque toujours donc l'aviateur voit le sol et peut pour atterrir juger à l'œil la hauteur dont il lui faut descendre.

Mais si la connaissance de l'altitude exacte du sol lui importe peu, il n'en est pas de même du relief relatif que son élévation au-dessus du sol abolit pour lui et dont la carte doit lui donner une image : la carte aéronautique ne portera donc pas de courbes de niveau, mais bien une représentation ombrée du relief. Les deux cartes françaises satisfont à cette condition.

Ces cartes sont l'une et l'autre établies à l'échelle du 200 000e, échelle qu'un organisme issu de la Fédération Aéronautique internationale, la Commission de la Carte Internationale Aéronautique, a, dans sa dernière conférence (Bruxelles, 1911), adoptée comme devant être celle de la carte internationale ; cette échelle permet une bonne représentation du sol même dans un pays très habité et elle est d'un emploi très commode.

Cette même Commission, entre autres principes, en a posé un

très important qu'il convient de signaler : la coupure des feuilles de la carte se fera par degrés entiers de latitude et de longitude, en liaison avec les travaux de la carte internationale au 1 000 000e. Ceci appelle l'adoption d'une projection conique et, par le fait, l'abandon de la projection de Bonne là où elle est utilisée. C'est évidemment un gros inconvénient et, comme dans l'état actuel, on ignore encore si la navigation aérienne ne sera pas loxodromique et n'aura par conséquent pas besoin dans l'avenir d'une carte établie dans la projection de Mercator, on s'expose, en faisant actuellement les frais d'une nouvelle projection, à une dépense inutile. Aussi donnons-nous une approbation entière à la solution provisoire adoptée par le Service Géographique de l'Armée Française, consistant à utiliser purement et simplement le tracé fondamental et la coupure des feuilles de la carte de France au 200 000e. — C'est vraisemblablement ce qu'il conviendra de faire en Belgique, où cependant, à cause de l'exiguité du territoire, il n'y aurait pas grand inconvénient à adopter la coupure par degrés entiers tout en conservant la projection : les feuilles seraient ainsi limitées à un quadrilatère curviligne irrégulier, les côtés ayant une très faible courbure.

Il est certain que la navigation loxodromique est peu économique ; la navigation le long des grands cercles seule est économique, mais difficile à réaliser pratiquement parce que les cartes les plus usitées représentent les grands cercles de la sphère par des lignes compliquées. La carte de Hilleret et la projection gnomonique les représentent par des lignes droites, mais au prix, pour la première, d'une déformation très grande des surfaces. Pour les longues traversées futures, la projection gnomonique sur un cube tangent à la sphère terrestre, projection dans laquelle tous les grands cercles sont représentés par un ou plusieurs segments de ligne droite, rendrait, sans nul doute, des services signalés.

Si la navigation aérienne se développe comme on est en droit de l'espérer, elle utilisera probablement, entre deux points éloignés de la terre, une trajectoire constituée d'assez de segments de loxodromie pour ne pas s'écarter beaucoup de l'arc de grand cercle qui unit le point de départ au point d'arrivée. Elle réclamera alors la création de deux cartes : l'une à l'échelle du 200 000e dans la projection de Mercator, pour l'exécution du voyage, l'autre à une échelle plus petite, sans doute le 1 000 000e, dans la projection gnomonique sur le cube tangent, pour la préparation du voyage.

G. de Béthune.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur les Principes de l'Analyse par R. d'Adémar, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille. Tome I. Un vol. in-8°, de 324 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

L'étudiant qui se propose de lire les travaux modernes sur l'Analyse se trouve arrêté par le grand nombre de mémoires qu'il doit consulter pour acquérir les notions préliminaires indispensables. M. d'Adémar s'est proposé de lui épargner ce travail en réunissant dans un ouvrage les principales questions servant de base aux recherches actuelles. Dans un premier volume l'auteur s'occupe des variables réelles. Après une introduction sur quelques notions élémentaires, il étudie successivement les séries, les fonctions continues, la série de Taylor, les déterminants et les équations linéaires, les intégrales simples et multiples, les intégrales curvilignes et les intégrales de surface, les potentiels, les équations et les problèmes de Dirichlet et de Neumann, et enfin les équations différentielles et fonctionnelles.

Dans un ouvrage au programme si étendu on ne devra évidemment pas chercher la théorie complète de chacune des questions traitées, le but de l'auteur étant de conduire le lecteur rapidement aux bornes actuelles de la science, sans s'attarder aux détails des théories rencontrées en cours de route. Ce n'est toutefois pas en sacrifiant la rigueur que M. d'Adémar est arrivé à ce résultat ; l'auteur met le plus grand soin à apporter dans les énoncés une rigueur parfaite. Il attire fréquemment l'attention du lecteur sur la nécessité de s'en tenir strictement aux résultats démontrés et de se méfier de l'intuition et des représentations géométriques.

Les notions élémentaires sur les nombres, l'analyse combina-

toire, les ensembles, les limites et sur la notion de fonction font l'objet de l'introduction.

L'auteur aborde ensuite l'étude des séries : séries positives et alternées, séries multiples, produits infinis, fonction zêta.

Le chapitre suivant est consacré à l'étude des fonctions continues et à la série de Taylor. Théorèmes fondamentaux sur la continuité, théorème fondamental de l'algèbre, dérivée, différentielle, formule et série de Taylor, règle de l'Hospital, théorème de Cesaro sur la croissance, formule d'Euler sur les fonctions homogènes.

L'auteur passe ensuite aux déterminants : définition, développement, multiplication des matrices, déterminant réciproque, maximum du module d'un déterminant, déterminant fonctionnel. Application des déterminants aux équations linéaires, règle de Cramer, théorème de Rouché. Critère de convergence des déterminants d'ordre infini.

Après avoir établi quelques propriétés des intégrales simples, l'auteur étend successivement la notion d'intégrale au cas où la fonction présente un nombre fini de discontinuités finies, au cas où la fonction devient infinie en des points isolés, et enfin au cas où le champ d'intégration est infini.

Passant aux intégrales multiples l'auteur en établit d'abord avec soin la définition, puis il la généralise. Il expose les travaux de M. de la Vallée Poussin sur la réduction d'une intégrale double généralisée à deux quadratures successives. Quelques applications du changement de variable et de l'inversion des intégrales terminent ce chapitre.

L'auteur donne ensuite quelques notions sur les courbes rectifiables, les intégrales curvilignes et les intégrales de surface. Il démontre les formes de Green et de Stokes.

La théorie des potentiels est étudiée en détail : potentiel de simple couche et de double couche, potentiel à l'infini. Les équations auxquelles conduisent les problèmes de Dirichlet et de Neumann sont établies ici.

Le chapitre suivant est consacré aux éléments de la théorie des équations intégrales. Si l'on considère une intégrale comme une limite de somme, l'équation de Fredholm peut être ramenée à un nombre indéfiniment croissant d'équations linéaires ; deux cas sont alors à distinguer : le déterminant de ce système d'équations peut être nul ou bien différent de zéro.

Par le passage à la limite on voit apparaître la forme des transcendantes nouvelles introduites par Fredholm. L'auteur

définit ces transcendantes, il en étudie les principales propriétés et il montre comment elles fournissent la solution des équations intégrales homogènes et non homogènes. Cette théorie trouve une application dans les problèmes de Dirichlet et de Neumann qui sont discutés en détail.

Dans le chapitre suivant l'auteur revient aux séries pour étudier quelques points délicats : convergence uniforme, dérivation des séries et des intégrales ; puis il reprend l'étude de l'équation de Fredholm dans le cas où cette équation est homogène et à noyau symétrique. La fin du chapitre est consacrée à la représentation d'une fonction par une série de polynômes, d'après les travaux de Weierstrass et de M. de la Vallée Poussin.

Dans le dernier chapitre l'auteur expose les principes de la théorie des équations différentielles : équations linéaires, polynômes de Legendre, série hypergéométrique, fonctions de Bessel, théorèmes généraux sur les équations non linéaires, application à l'addition des fonctions elliptiques. L'auteur recherche ensuite, d'après M. Picard, dans un cas simple une intégrale donnée non par un point et la tangente, mais par deux points. Quelques exemples d'équations fonctionnelles et l'application de la méthode des approximations successives de M. Picard terminent ce premier volume.

Comme on peut s'en assurer par cet aperçu, la matière traitée par M. d'Adémar est vaste. L'auteur a pu, par une heureuse sélection, ne retenir que les résultats essentiels, et tout en effleurant les développements que le cadre de son ouvrage ne lui permet pas d'aborder, il conduit le lecteur par une suite logique jusqu'aux questions qui font l'objet des recherches modernes.

Ajoutons que les leçons sur les Principes de l'Analyse de M. d'Adémar sont écrites en un style vivant qui en rend la lecture agréable. Sans aucun doute ce livre recevra l'accueil qu'il mérite.

G. V.

II

Cours de Mathématiques supérieures, à l'usage des candidats à la licence ès sciences physiques, par l'Abbé E. Stoffaes, Directeur de l'Institut catholique d'Arts et Métiers de Lille.

3e édition, entièrement refondue. 2 vol. in-8° de 398 et 360 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Cette troisième édition suit la première à dix ans d'intervalle ; c'est dire d'un mot la faveur qu'a rencontrée l'ouvrage auprès des lecteurs à qui il était spécialement destiné, qui ne comprennent pas seulement les candidats à la licence ès sciences physiques, mais encore tous ceux, les ingénieurs notamment, qui ont besoin de recourir aux mathématiques en vue de leurs applications les plus courantes.

Les fonctions auxquelles l'auteur a été appelé l'ont d'ailleurs mis particulièrement à même de se convaincre des véritables besoins d'une telle clientèle. Aussi est-ce à bon escient qu'il a cru devoir introduire, dans cette nouvelle édition, quelques chapitres nouveaux comme ceux qui traitent des généralités sur les équations, des notions sur les fonctions hyperboliques, des séries entières, de la courbure des surfaces, etc. Il justifie, au reste, cet accroissement de la matière de l'ouvrage primitif dans les lignes qui suivent :

« Chargé depuis près de dix ans de l'enseignement des Mathématiques à l'Institut catholique des Arts et Métiers de Lille, il m'a été donné de constater combien rapidement le niveau des études théoriques a monté dans les écoles similaires ; aussi est-ce en connaissance de cause que j'affirme que peu de questions de ce livre pourraient actuellement y être omises. On ne pourrait, en tout cas, les passer sous silence sans porter préjudice à l'élite intellectuelle de ces écoles, qui, depuis quelque temps, se dirige vers les Instituts spéciaux de Mécanique et d'Electricité. Condamner ces sujets à rester inférieurs au point de vue théorique, alors que, par leur ténacité reconnue et leur aptitude aux travaux d'atelier et de laboratoire, ils peuvent former les meilleures recrues des écoles spéciales, ne serait-ce pas méconnaître un peu leurs droits, et peut-être priver l'industrie française de son meilleur appoint ? »

Ces réflexions qui, d'ailleurs, ne valent pas seulement pour la France, et qui émanent d'un homme bien au courant des besoins de la formation des techniciens, seraient à méditer par certaines personnes hantées par l'idée fixe de la réduction des études théoriques dans les écoles supérieures d'ingénieurs.

M. O.

III

Leonhardi Euleri Opera omnia, sub auspiciis Societatis Scientiarum Naturalium Helveticae, edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel. Séries III. *Opera physica, Miscellanea, Epistolae.* Vol. 3 et 4. *Leonhardi Euleri Dioptrica edidit Emil Cherbuliez.* Deux volumes in-4° de 510 et 543 pages. — 1911 et 1912. Leipzig et Berlin. B. G. Teubner.

MM. Rudio, Krazer et Stäckel, éditeurs des *Œuvres complètes* d'Euler se sont de prime abord décidés avec beaucoup de raison à ne pas en publier les volumes dans l'ordre de leur numérotage. Ils nous donnent d'abord les plus aisés à réimprimer, seul moyen d'éviter les retards et les à-coups. Le premier volume des *Œuvres complètes* parut en 1911; c'était en même temps le premier de la première série. Il contenait l'*Algèbre* d'Euler et j'en ai rendu compte au mois d'octobre dernier. Nous recevons aujourd'hui dans les tomes 3 et 4 de la troisième série, la réédition de la *Dioptrique* confiée aux soins de M. Émile Cherbuliez. Les mémoires spéciaux d'Euler sur l'Optique (publiés dans les collections académiques) formeront un volume séparé, le second de cette même troisième série, si nous sommes bien informés.

L'édition originale de la *Dioptrica* d'Euler est en trois gros volumes in-4°, qui parurent en trois fois sous les titres suivants :

Dioptricae pars prima continens librum primum, de explicatione principiorum, ex quibus constructio tam telescopiorum quam microscopiorum est petenda. Auctore Leonhardo Eulero Acad. scient. Borussiae directore vicennali et socio Acad. Petrop. Paris. et Lond. Petropoli, impensis Academiae Imperialis Scientiarum. 1769.

Dioptricae pars secunda continens librum secundum, de constructione telescopiorum dioptricorum cum appendice de constructione telescopiorum catoptrico-dioptricorum. Auctore Leonhardo Eulero, ...etc. Petropoli... etc. 1770.

Dioptricae pars tertia continens librum tertium, de constructione microscopiorum tam simplicium quam compositorum. Auctore... etc. Petropoli... etc. 1771.

Pour paraître parmi les premiers et reproduire un traité relativement facile peut-être à rééditer, ces deux volumes des *Opera omnia* d'Euler ne compteront pas parmi les moins utiles, ni les moins bienvenus, car la *Dioptrique* d'Euler est devenue

rare. J'en connais un exemplaire à l'Observatoire d'Uccle, mais on la chercherait en vain à la Bibliothèque Royale de Belgique, par exemple. De nos jours peu de physiciens ont lu la *Dioptrique*, aussi nous sauront-ils probablement gré d'en traduire ici la table des matières. Le premier volume de la réédition actuelle contient toute la première partie et les deux premières sections de la seconde ; le reste de l'ouvrage forme le second volume.

Première partie de la Dioptrique contenant les principes qui servent à la construction des télescopes et des microscopes. — Ch. 1. Formation de l'image à travers une lentille unique. — Ch. 2. Formation de l'image à travers plusieurs lentilles. — Ch. 3. Des lentilles composées ou multiples. — Ch. 4. De la vision confuse. Grandeur apparente. Clarté. — Ch. 5. Du champ visuel et du meilleur point de vue pour l'œil. — Ch. 6. De la confusion provenant de la nature diverse des rayons lumineux.— Ch. 7. Généralités sur la construction des instruments de la dioptrique.

Deuxième partie de la Dioptrique contenant la construction des télescopes dioptriques et un appendice sur la construction des télescopes catoptrico-dioptriques.

Section 1. — Des télescopes du premier genre, à oculaire concave et redressant les objets. — Ch. 1. Généralités sur les télescopes. — Chap. 2. Des objectifs composés et parfaits. — Ch. 3. Division des télescopes en trois genres principaux. — Ch. 4. Des télescopes du premier genre, sans image réelle et redressant les objets. — Ch. 5. D'un perfectionnement ultérieur des télescopes du premier genre, par l'addition d'une ou de plusieurs lentilles.

Section 2. — Des télescopes du second genre à oculaire convexe et renversant les objets. — Ch. 1. Des télescopes du second genre les plus simples, formés avec une seule espèce de verre. — Chap. 2. D'un perfectionnement ultérieur que l'on peut apporter à ces télescopes par l'emploi d'une espèce unique de verre. — Ch. 3. D'un perfectionnement ultérieur des télescopes du second genre par l'emploi de diverses espèces de verre.

Section 3. — Des télescopes du troisième genre, redressant les objets. — Ch. 1. Des télescopes du troisième genre les plus simples, formés avec une seule espèce de verre. — Ch. 2. Des télescopes terrestres ordinaires et de leur perfection. — Ch. 3. D'une autre espèce principale de télescopes du second genre et de leur perfection.

Appendice. — De la construction des télescopes catoptrico-

dioptriques. — Ch. 1. Des images formées par les miroirs sphériques et de leur diffusion. — Ch. 2. Mesure de la confusion causée par l'emploi simultané de miroirs et de lentilles dans la construction des instruments dioptriques. — Ch. 3. Des télescopes catadioptriques munis d'un petit miroir concave. — Ch. 4. Des télescopes catadioptriques munis d'un petit miroir convexe.

Troisième partie de la Dioptrique contenant la construction des microscopes simples et composés.

Introduction. — Des microscopes en général. On y donne les préceptes généraux de la construction des microscopes.

Section 1. — Des microscopes simples. — Ch. 1. Des microscopes simples formés d'une lentille unique. — Ch. 2. Des microscopes simples formés de deux ou de plusieurs lentilles convexes très voisines. — Ch. 3. Des microscopes simples exempts de toute confusion.

Section 2. — Des microscopes composés dans lesquels ne se forme aucune image réelle.

Section 3. — Des microscopes composés dans lesquels se forme une image réelle unique, type auquel se ramènent tous les microscopes actuellement en usage. — Ch. 1. Les microscopes les plus simples de ce genre. — Ch. 2. D'un perfectionnement ultérieur de ces microscopes, quand on y augmente la clarté par la substitution de plusieurs lentilles à l'objectif.—Ch. 3. D'un plus haut degré de perfectionnement de ces microscopes, quand on y supprime toute confusion par l'emploi de lentilles d'espèces de verre différentes. — Ch. 4. De la manière d'obtenir une plus grande extension du champ de ce genre de microscopes.

Section 4. — Des microscopes composés dans lesquels se forment deux images réelles. — Ch. 1. Des microscopes les plus simples de ce genre. — Ch. 2. Des microscopes de ce genre plus compliqués. — Ch. 3. D'un plus haut degré de perfection des microscopes de ce genre, quand on y supprime toute confusion.

Quelques notes rectificatives ou explicatives, ajoutées par M. Émile Cherbuliez au texte original d'Euler, s'en distinguent par les initiales de l'éditeur É. Ch. Terminons ce compte rendu, en félicitant la maison Teubner du soin apporté à l'impression de ces magnifiques volumes.

H. Bosmans, S. J.

IV

Les Carrés d'Euler (Problème des Officiers), par A. Margossian, Ingénieur, Ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées. Lithographié, in-8° de 16 pages. — Nancy, Secrétariat de la revue *Sphinx-Œdipe*, 1912.

Nous avons loué naguère, ici même (1), les recherches de M. Margossian sur les Carrés magiques. L'ancien professeur d'Analyse à l'École du Génie civil de Constantinople a étendu ses études avec non moins de bonheur aux Carrés d'Euler.

On connaît le *problème des trente-six officiers,* proposé par Euler dans les Mémoires de la Société de Flessingue en 1782 : Disposer 36 officiers de 6 grades différents et de 6 régiments différents dans les cases d'un échiquier de 36 cases, de façon que dans aucune colonne ni dans aucune ligne du damier il n'y ait deux officiers du même grade ou du même régiment. Généralisé, ce problème devient le problème des *Carrés d'Euler,* et s'énonce : Étant donnés n^2 officiers, de n grades différents et de n régiments différents, les disposer dans les cases d'un échiquier à n^2 cases, de façon qu'en aucune ligne parallèle aux côtés de l'échiquier ne figurent deux officiers de même grade ou de même régiment.

Le nombre n s'appelle la base, ou le module, du carré.

Dans le cas $n = 4$, on est en présence du *problème des seize cartes*, problème plusieurs fois séculaire : on demande de disposer en carré les quatre as, les quatre rois, les quatre reines et les quatre valets d'un jeu de cartes, de façon que chaque figure et chaque couleur se trouvent dans chaque ligne et dans chaque colonne du carré.

L'opuscule de M. Margossian repose sur les analogies entre les Carrés magiques, soit à marche oblique, soit à marche cavalière, et les Carrés d'Euler analogies que l'on rend immédiatement sensibles en supprimant la virgule dans la notation habituelle à double indice des Carrés d'Euler (2). L'auteur indique le moyen

(1) Voy. dans la Rev. des Questions scientifiques, avril 1910, notre analyse de l'opuscule *De l'Ordonnance des nombres dans les Carrés magiques impairs,* par M. Margossian, Paris, Hermann, 1908.

(2) En adoptant la notation à double indice et en désignant par le premier indice le grade de l'officier et par le second indice son régiment, on peut

de construire les Carrés d'Euler, dans tous les cas où ils sont possibles.

On sait qu'il y a des Carrés d'Euler pour toute valeur du module n, si n est impair ou est le double d'un nombre pair.

Dans le cas $n = 6$, le Carré d'Euler ne peut exister. C'était

représenter par les tableaux suivants quelques-unes des nombreuses solutions du *problème des officiers* dans les cas de 9, de 16, de 25 officiers :

1,1	2,2	3,3
2,3	3,1	1,2
3,2	1,3	2,1

1,1	2,2	3,3	4,4
4,3	3,4	2,1	1,2
3,2	4,1	1,4	2,3
2,4	1,3	4,2	3,1

1,1	2,2	3,3	4,4	5,5
4,2	5,3	1,4	2,5	3,1
2,3	3,4	4,5	5,1	1,2
5,4	1,5	2,1	3,2	4,3
3,5	4,1	5,2	1,3	2,4

Le second de ces tableaux exprime aussi une solution du *problème des seize cartes :* le premier indice de chaque élément désigne la figure de la carte (as, roi, reine, valet), le second indice désigne la couleur.

Les trois carrés précédents sont des Carrés d'Euler *simples*. Un Carré d'Euler est dit *diagonal,* si une même diagonale ne contient point deux mêmes premiers indices, ni deux mêmes seconds indices, en d'autres termes deux officiers d'un même grade ou d'un même régiment ; en voici des exemples :

1,1	2,2	3,3	4,4
4,3	3,4	2,1	1,2
2,4	1,3	4,2	3,1
3,2	4,1	1,4	2,3

1,1	2,2	3,3	4,4
3,4	4,3	1,2	2,1
4,2	3,1	2,4	1,3
2,3	1,4	4,1	3,2

1,1	2,2	3,3	4,4	5,5
4,3	5,4	1,5	2,1	3.2
2,5	3,1	4,2	5,3	1,4
5,2	1,3	2,4	3,5	4,1
3,4	4,5	5,1	1,2	2,3

Le dernier tableau est même un Carré d'Euler *pandiagonal*, c'est-à-dire qu'aucune diagonale, même brisée, n'offre deux mêmes premiers indices ni deux mêmes seconds indices, en d'autres termes deux officiers d'un même grade ou d'un même régiment. On entend par diagonale brisée, un groupe d'éléments pris suivant certaines lois parallèlement à une même diagonale, par exemple : 3,3, 2,1, 1,4, 5,2, 4,5 ; ou encore 4,3, 2,2, 5,1, 3,5, 1,4 ; ou encore 4,3, 3,1, 2.4, 1,2, 5,5.

Si dans un Carré d'Euler, *simple* ou *diagonal* ou *pandiagonal,* on supprime la virgule entre les indices, les tableaux ainsi obtenus, où les nombres produits par la suppression des virgules sont considérés comme des nombres entiers ordinaires, constitueront évidemment des carrés *semi-magiques* ou des carrés *magiques* ou des carrés *diaboliques*. On sait qu'on appelle Carré magique un tableau de n^2 éléments où la somme des éléments d'une même ligne est constante : le carré est dit semi-magique, si la propriété ne s'étend pas aux diagonales, et diabolique, si elle s'étend même aux diagonales brisées.

déjà l'avis d'Euler, mais il ne put réussir à démontrer cette impossibilité du problème des trente-six officiers : M. Gaston Tarry l'a établie récemment, par une démonstration longue, mais de grand mérite (1). Sauf ce cas $n = 6$, on n'est point parvenu jusqu'ici, disait en 1906 l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* de M. Jules Molck, à établir que, si le module est le double d'un nombre impair, le Carré d'Euler n'existe pas (2). M. Margossian termine son étude précisément par l'exposé d'une démonstration très simple de cette impossibilité des Carrés d'Euler dans le cas où le module n est de la forme $n = 2p$, p étant impair.

M. Margossian rencontre aussi des Carrés d'Euler dits pandiagonaux, mais ses recherches d'une méthode générale de construction n'ont point abouti jusqu'à présent en ce qui les concerne.

On doit remercier M. A. Gérardin, le savant disciple de M. J. Molck, d'avoir publié en un numéro spécial de sa précieuse et intéressante revue SPHINX-ŒDIPE ces recherches de M. Margossian sur les Carrés d'Euler. Nous nous réjouissons de signaler à ce propos à quelques-uns de nos lecteurs cette revue mathématique, peut-être unique en son genre, où les questions théoriques ou pratiques d'Arithmologie et d'Analyse indéterminée et les curiosités mathématiques occupent la première et la plus large place.

B. L.

V

I. — CALCUL DES PROBABILITÉS, par H. POINCARÉ, membre de l'Institut (Rédaction de A. Quiquet, ancien élève de l'Ecole normale supérieure), 2e éd., revue et augmentée par l'auteur. 1 vol. in-8° de 333 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

(1) *Des Permutations carrées de base 6*, par Gaston Tarry, extrait des MÉM. DE LA SOC. ROY. DES SCIENCES DE LIÉGE, 1900, et reproduit par la revue MATHESIS, t. XX, 1900, Supplément, pp. 23-30.

(2) *Encyclopédie des Sciences mathématiques*, t. I, vol. III, p. 73. A la page suivante, p. 74, une distraction du savant collaborateur de l'article sur les Figures magiques, M. Maillet, lui a fait écrire : *le produit ik* ; il faut lire : *le nombre produit par la suppression de la virgule dans l'élément i,k*. Ce *lapsus* a été signalé par M. Margossian.

II. — Le Calcul des probabilités et ses applications, par E. Carvallo, directeur des études à l'Ecole polytechnique. 1 vol. in-8° de 169 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

III. — Calcul des Probabilités, par L. Bachelier, docteur ès sciences, t. I, 1 vol. in 4° de 516 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

I. — Le calcul des probabilités, considéré du point de vue purement mathématique (ou, si l'on veut, le développement des théories analytiques auxquelles il a donné naissance) ne saurait trouver une expression plus élevée que celle qu'il a revêtue dans les belles leçons professées en 1893-1894 à la Sorbonne, par M. Poincaré, leçons d'où est sorti, en 1896, le volume rédigé par un auditeur du maître, connu lui-même pour d'intéressantes recherches sur l'application du calcul des probabilités à l'industrie des assurances. L'éloge n'est plus à faire de cette belle théorie mathématique des probabilités, qui jouit d'une haute notoriété parmi ceux que le sujet intéresse. Pourtant, en revoyant la rédaction primitive, en vue d'une seconde édition, l'auteur a encore été amené à y introduire nombre de perfectionnements de détail qui rendent l'œuvre plus parfaite encore si possible.

Nous nous bornerons à signaler, dans cet ordre d'idées, l'ingénieuse introduction de ce que M. Poincaré appelle la *fonction caractéristique* relative à une loi de probabilité donnée d'où, par des considérations très simples (pp. 206 à 208), il déduit un mode nouveau de justification de la loi de Gauss.

Ajoutons qu'à la division en leçons, assez arbitraire, qui figurait dans la première édition, a été substituée une division en chapitres, avec titres spéciaux, qui facilite grandement les recherches, et que l'auteur a reproduit, en tête du volume, à titre d'Introduction, un intéressant extrait de son célèbre ouvrage *Science et Méthode*, traitant de ce qu'on pourrait appeler la philosophie du hasard.

II. — Alors que, dans l'ouvrage de M. Poincaré, c'est le côté mathématique qui domine, c'est, au contraire, celui de la discussion des principes et des applications que M. Carvallo s'est attaché à mettre en relief dans le sien. On peut donc, à certain égard, regarder celui-ci comme une sorte de complément du précédent, ou, mieux encore, comme un exposé de principes préliminaire, par la lecture duquel, en tout cas, il y aurait pour l'étudiant grand intérêt à commencer.

L'idée de cet ouvrage a été, en grande partie, suggérée à l'auteur par l'énoncé du sujet mis au concours, en 1910, par l'Académie des Sciences de Madrid, et qui visait un exposé clair et simple du calcul des probabilités, propre à faire comprendre les principes fondamentaux de cette importante théorie, avec ses multiples applications, mais d'une façon en quelque sorte indépendante des développements analytiques requis pour l'établissement des formules.

On pouvait *a priori* se demander si un tel programme, évidemment très intéressant, pouvait en réalité être rempli. M. Carvallo n'en a point douté et les raisons qui l'ont fixé dans cette manière de voir méritent d'être retenues : « Il y a, dit-il, dans sa préface, des faits mathématiques, Hermite se plaisait à le dire, comme il y a des phénomènes naturels. L'observation sert à les découvrir et à les comprendre, tandis que la méthode déductive sert à les prouver. *Prouver* et *comprendre* sont deux choses différentes... » Si un livre comme celui de M. Poincaré est surtout fait pour prouver, le petit volume qu'a écrit M. Carvallo est principalement destiné à faire comprendre.

« Préférer, dit encore l'auteur, l'enseignement par l'exemple aux démonstrations abstraites, élaguer de celles-ci la partie formelle pour n'en garder que ce qui touche à la raison des choses, profiter de l'allègement qui résulte de ces simplifications, pour discuter au fond la signification des théories, leur pouvoir de découverte, l'étendue et les limites de leur domaine, tel est notre programme, en ce qui concerne l'exposition de la méthode. Quant à l'application, elle doit aborder toutes les branches utiles et le faire par un procédé uniforme, aussi simple que possible. »

A la suite de ces lignes, d'une si remarquable netteté, il suffit, pour caractériser l'ouvrage, de dire que le programme ainsi défini a été rempli par l'auteur de la façon la plus heureuse.

Le volume ne comprend que quatre chapitres dont voici les titres : I. Les principes. — II. La méthode statistique. — III. Le problème de l'ajustement. — IV. Les limites du calcul des probabilités et les abus qu'on en a faits.

Nous signalerons rapidement quelques-unes des particularités qu'offrent ces divers chapitres. C'est, comme de raison, sur le célèbre théorème de Jacques Bernouilli et la loi des écarts qui en dérive que l'auteur s'appesantit surtout dans le chapitre I, mais dans l'ordre d'idées que nous avons souligné ci-dessus, c'est-à-dire, en mettant les faits en évidence sans se soucier des

développements mathématiques, très délicats comme on sait, qui viennent s'y greffer. Il nous semble que le sens exact et la portée du théorème ressortent avec une parfaite clarté de l'exposé de M. Carvallo. Alors que, bien souvent, le débutant a quelque peine à les dégager du redoutable appareil analytique au milieu duquel il lui faut les discerner. Notons d'ailleurs que l'auteur a directement recours à l'emploi de la courbe représentative de la probabilité des écarts, intégrale de la fameuse courbe en cloche envisagée par Gauss, et qui fait connaître leur répartition. Autre particularité : lorsqu'on désigne par $\Theta(t)$ l'intégrale classique $\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t e^{-x^2}dx$, on sait que la probabilité $P(\epsilon)$ d'un écart inférieur en valeur absolue à ϵ est donnée par $P(\epsilon) = \Theta(h\epsilon)$, h étant la mesure de précision correspondante. Pour calculer $P(\epsilon)$, on est dans l'habitude d'introduire comme argument le rapport de l'argument ϵ à un écart *e de probabilité constante*, pour lequel le produit *he* a, par conséquent, une valeur fixe k, et on a $P(\epsilon) = \Theta\left(k\frac{\epsilon}{e}\right)$. Dans les applications courantes de cette formule, on fait généralement usage de l'*écart probable* e_0, défini comme tel que $P(e_0) = \frac{1}{2}$, ce qui donne alors $k = 0,4769$. M. Carvallo lui substitue l'*écart étalon e* pour lequel $k = 1$, ce qui introduit une simplification évidente dans l'usage de la table de la fonction Θ, étant donné, d'ailleurs, que, pour une série de n épreuves dans laquelle on attend la production d'un événement de probabilité p, cet écart étalon s'obtient immédiatement par la formule très simple

$$e = \sqrt{\frac{2p(1-p)}{n}}.$$

Le chapitre II précise l'application du calcul des probabilités (d'où résulte sa principale utilité) aux divers objets de la statistique. On y peut signaler spécialement : une méthode bien ordonnée pour apprécier la valeur d'une série statistique ; une étude approfondie sur la masculinité dans les naissances humaines, avec des observations nouvelles et concluantes ; un exposé assez complet de l'état actuel des Tables de mortalité ; des observations curieuses sur la statistique des tailles des conscrits, sur les erreurs dans les mesures expérimentales, sur la recherche des causes.

Le problème de l'ajustement qui, lorsqu'on a égard à la considération des écarts, revient à celui que les mathématiciens désignent sous le nom d'interpolation et qui consiste, en somme, à déterminer, la forme analytique de lois appliquées à des phénomènes, décelées par l'expérience, est traité, dans le chapitre III avec le plus grand soin et tous les détails mathématiques nécessaires à ceux qui ne veulent pas se borner à se faire une idée générale de la question ; cette manière de faire, qui semble, au premier abord, un peu en désaccord avec la tendance générale de l'auteur, est justifiée par le fait que ces démonstrations, d'ailleurs faciles, sont peu répandues dans les traités classiques.

Le dernier chapitre a pour but de bien faire sentir les précautions minutieuses que requiert l'application du calcul des probabilités à des questions non suffisamment définies ou dont les termes prêtent à équivoque. Ce morceau tout philosophique clôture dignement l'excellent livre de M. Carvallo que nous croyons apte à rendre les plus grands services, d'une part, à ceux qui, sans entrer dans le détail de la théorie mathématique, veulent acquérir des idées générales sur le sens et la portée des principes du calcul des probabilités, d'autre part, à ceux qui, désireux, d'approfondir cette théorie mathématique, ont souci, avant de s'y engager, d'apercevoir nettement le but vers lequel elle tend, ce qui est de nature à leur en faciliter singulièrement la compréhension.

III. — A l'encontre des deux précédents ouvrages qui, bien qu'à des points de vue différents, tendent l'un et l'autre à fournir des exposés condensés de la matière visée, celui de M. Bachelier s'étend en détail sur l'ensemble des connaissances acquises jusqu'à ce jour dans le domaine du calcul des probabilités en y comprenant même certaines nouvelles méthodes dont l'auteur lui-même a été l'initiateur et d'où il compte voir sortir une transformation complète de ce genre de calcul.

Le mieux, au reste, pour faire saisir l'esprit dans lequel les dites méthodes ont été conçues, est de laisser la parole à l'auteur. Voici comment il s'exprime dans sa préface :

« La conception des probabilités continues constitue la base de ces nouvelles études. On pensait précédemment que seules des formules discontinues pouvaient être des conséquences exactes des principes du calcul des probabilités, et cette idée était d'autant plus naturelle que les problèmes traités alors ne pouvaient admettre d'autres genres de solutions.

» On employait bien parfois des formules continues, mais on

les considérait comme approchées, de sorte qu'elles ne pouvaient servir de base pour de nouvelles recherches. Pour cette raison, leur emploi ne s'est pas généralisé depuis Laplace.

» L'idée de considérer les probabilités comme continues fut seulement envisagée, il y a quelques années lorsque je me proposai de résoudre des questions ne pouvant admettre que des solutions continues exactes.

» La théorie édifiée alors était assez particulière, les ébauches, publiées dans différents recueils indiquent le cours de son évolution ; généralisée successivement dans tous les sens, elle a pris un tel développement qu'il m'a semblé nécessaire de la présenter sous une forme suffisamment explicite pour qu'elle soit à la portée de tous les mathématiciens. »

La notion nouvelle n'apparaissant qu'au chapitre VI, on peut regarder les cinq premiers chapitres comme renfermant une exposition, d'ailleurs assez complète, de la partie, en quelque sorte, classique du calcul des probabilités.

Pour parvenir à la notion de probabilité continue, M. Bachelier suppose « une suite d'épreuves en nombre très grand, de telle sorte que la succession de ces épreuves puisse être considérée comme continue et que chaque épreuve puisse être considérée comme un élément ». Et cette manière de concevoir les choses, qui revient, au fond, à ramener toutes les questions de probabilités à la théorie du jeu, le conduit — c'est là un des côtés frappants de son œuvre — à mettre en évidence certaines assimilations intéressantes avec quelques théories de la physique mathématique. Il va sans dire d'ailleurs que cette manière d'établir les formules les rend immédiatement applicables aux cas de phénomènes réellement continus, comme est celui de la spéculation. Aussi l'auteur s'étend-il particulièrement sur cette théorie de la spéculation qui a fait l'objet d'une bonne part de ses recherches antérieures et qui a l'avantage de mieux faire saisir, sur un exemple concret, le véritable sens des notions d'abord définies *in abstracto* sur lesquelles reposent les concepts de M. Bachelier.

Les chapitres consacrés à l'application du calcul des probabilités à des problèmes de géométrie, de cinématique et de dynamique, dans lesquels certains éléments dépendent du hasard, sont particulièrement intéressants et fertiles en résultats curieux.

A voir l'abondance des matières, renfermées en ce gros volume, désigné comme un tome I, on est tenté de se demander quels sont les sujets qui pourraient rester à traiter en des

volumes subséquents. Mais, outre que le domaine des applications du calcul des probabilités serait apte à fournir encore de nouveaux développements, l'auteur fait savoir, dans sa préface, qu'il se réserve de traiter par la suite les questions qui se rattachent soit à l'histoire, soit à la philosophie du calcul des probabilités. A en juger par la façon dont ont été développées les matières contenues dans le volume déjà paru, on peut s'attendre à ce que, dans son ensemble, l'œuvre soit de large envergure.

M. O.

VI

Mesure des angles. Hyperboles étoilées et développante, par le Commandant D. Gautier. 1 vol. petit in-8° de 84 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

M. le Commandant Gautier, dont l'ingéniosité géométrique s'affirme très évidemment en cette petite brochure, nous semble avoir trop facilement cédé à l'illusion, commune à nombre d'inventeurs, de croire que l'objet de son invention touche aux fondements mêmes de la science et pourrait être de nature à en renouveler la face. N'a-t-il pas, en tête même de son exposé, inscrit, à titre d'épigraphe, cette pensée de Schopenhauer : « Sitôt qu'il apparaît au monde une vérité nouvelle, on s'y oppose le plus longtemps possible, et on résiste même quand on est presque convaincu » ? Eh bien, non ; l'idée ingénieuse, nous le répétons, qu'a eue M. Gautier de ramener l'évaluation des rapports d'angles à celle de rapports de segments de droite, par l'intermédiaire de certains lieux géométriques d'une définition simple, ne saurait prétendre au rang de « vérité nouvelle ». Nous sommes d'avis, avec l'auteur, qu'on aurait tort de se refuser systématiquement, *en pratique*, à l'emploi de certaines solutions graphiques par la seule raison qu'elles font appel à l'emploi de lignes autres que la droite et le cercle, alors qu'en fait elles comportent une précision de même ordre que celles que l'on peut attendre de solutions uniquement tributaires de la règle et du compas. Mais, lorsqu'en certains cas (comme en celui de la division de l'angle en un nombre de parties égales, non de la forme 2^n), où la solution graphique rigoureuse est impossible par le seul emploi de ces instruments, on obtient

d'autres solutions, d'une application commode, admettant l'emploi de certains gabarits d'une construction facile, il ne faudrait pas croire que, de ce chef, on opère une sorte de révolution dans les principes de la science et qu'on ouvre à l'esprit humain des horizons nouveaux.

Cette réserve une fois faite, nous ne ferons pas difficulté de reconnaître que la petite théorie développée par le Commandant Gautier ne manque ni d'ingéniosité ni d'intérêt, qu'on y rencontre des résultats curieux obtenus par des moyens fort simples, qu'enfin elle se lit facilement et non sans agrément.

M. O.

VII

Géométrie rationnelle. Traité élémentaire de la science de l'espace, par G. B. Halsted. Traduction française par P. Barbarin. Un vol. in-8° de 296 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

L'entreprise de M. Halsted est fort intéressante et mérite, à tous égards, de fixer l'attention des amateurs de géométrie. Elle consiste à présenter un exposé élémentaire de la science de l'espace d'après les vues de M. Hilbert, c'est-à-dire en mettant tout d'abord nettement en évidence les axiomes qui servent de fondements logiques à cette science; ces axiomes peuvent se répartir en trois groupes : axiomes d'association, axiomes de l'ordre, axiomes de congruence; auxquels il faut ajouter l'axiome des parallèles, ou postulat d'Euclide, pour rester dans le domaine de la géométrie classique.

Partant de ces prémisses, l'auteur commence par traiter les problèmes de construction comportant représentation visuelle des théorèmes par le moyen du graphique, grâce à l'emploi des deux seuls instruments suivants : la *règle* permettant le tracé des droites; le *transporteur* permettant le report d'un segment donné, sur une droite donnée, à partir d'un point donné et dans un sens donné.

Mais, en aucun cas, l'auteur ne puise dans l'examen des figures des éléments de démonstration. A cet égard, les réflexions suivantes, qui lui sont empruntées (p. 58 et 59), sont bien typiques :

« Tout en employant dans notre géométrie les figures gra-

phiques, nous ne devons jamais compter sur elles ou dépendre d'elles pour une partie quelconque de la démonstration, et nous devons veiller avec soin à ce que les opérations entreprises sur la figure gardent en outre une validité purement logique.

» On ne saurait trop insister là-dessus. Dans l'emploi régulier de la figure réside la principale difficulté de la recherche.

» Les figures graphiques ne sont qu'une représentation suggestive approchée des données. Nous ne pouvons nous baser sur ce que nous supposons être notre perception immédiate des relations, même dans les figures les plus parfaites.

» Dans toute démonstration rigoureuse, la figure n'est qu'un symbole du contenu conceptuel renfermé dans les axiomes qui lui sont sous-jacents.

» La cohérence logique ne doit dépendre en rien de ce qui peut être supposé donné uniquement par la perception de la figure. Aucune exposition, aucun progrès ne peut résulter simplement de ce qui apparaît être tel sur la figure; toute exposition ou progrès doit être basé sur un axiome, une définition, une convention ou un théorème antérieur.

» Pourtant, l'aide des figures est si précieuse au delà de toute expression, pour l'intuition de nos sens, que toute tentative, même pour diminuer leur rôle, serait une méprise. Cette démonstration d'une proposition est la meilleure, qui la rattache plus étroitement à une visualisation de la figure, malgré qu'on n'y fasse pas usage, comme s'ils étaient donnés par la figure, des concepts non contenus dans les postulats et propositions précédents. »

C'est en restant strictement fidèle à la discipline intellectuelle que définissent avec une si grande précision les alinéas qui précèdent que l'auteur établit, dans les chapitres qui suivent, les propriétés fondamentales des figures formées de droites, du cercle, du plan, des polyèdres, de la sphère, des cônes et cylindres du second ordre, des figures sphériques dont la théorie est ici envisagée comme une géométrie non euclidienne à deux dimensions.

La supériorité, au point de vue purement logique d'un mode d'exposition comme celui qu'avec grand talent a développé M. Halsted — et que M. Barbarin a su rendre en toute perfection dans la traduction française — n'a pas à être discutée. Depuis que le génie pénétrant de M. Hilbert est parvenu à mettre en pleine lumière le système complet des axiomes sur lesquels repose tout l'édifice de la géométrie, la cause est entendue,

et toute nouvelle discussion est devenue inutile. Aussi, quiconque possède déjà les éléments de la géométrie trouvera un très vif plaisir à suivre l'enchainement rigoureusement logique suivant lequel l'auteur a su les disposer. Mais est-ce à dire que cet ordre soit, en même temps, celui qui convient le mieux pour les enseigner à qui les ignore? Ceci est une autre question et qu'il semble assez difficile de trancher autrement que par l'expérience. *A priori*, on en peut douter. L'extrême abstraction des notions primordiales mises à la base de la théorie pourrait bien être de nature à rebuter la plupart des esprits non encore entraînés au jeu de la pure logique, et la méthode traditionnelle semble devoir conserver encore l'avantage sous le rapport didactique. Il n'en est pas moins vrai que les connaissances auxquelles elle a pu conduire s'éclairent après coup d'un jour bien plus éclatant lorsqu'on les examine à la lumière des principes habilement mis en œuvre dans le remarquable ouvrage de M. Halsted.

M. O.

VIII

Paul Tannery. Mémoires scientifiques, publiés par J. L. Heiberg et H. G. Zeuthen. — I. *Sciences exactes dans l'antiquité*, 1876-1884, tom. I. Un vol. in-4° de xix-463 pages, avec un portrait de Paul Tannery, hors texte. — Toulouse, Édouard Privat. Paris, Gauthier-Villars.

C'est un grand plaisir pour moi, réveillant de chers souvenirs, que de présenter ce volume aux lecteurs de la Revue. Paul Tannery fut en son vivant un des membres les plus distingués de la Société Scientifique (1). On n'a pas oublié la grande déception éprouvée par notre collègue au déclin de sa vie. La chaire d'histoire des Sciences était devenue vacante au Collège de France. Tannery la désirait, et nul ne semblait autant que lui pouvoir y prétendre. Aussi, à la presque unanimité des suffrages, les professeurs du Collège de France et les membres de l'Académie des Sciences le proposèrent-ils au choix de M. Chaumié, alors Ministre de l'Instruction Publique. Rien n'y

(1) Voir ma *Notice sur les Travaux de Paul Tannery*, publiée au t. LVII de la Revue, avril 1905.

fit. Pour des motifs dus beaucoup plus à l'intrigue et aux passions politiques qu'au mérite, le Ministre donna la préférence à un titulaire resté depuis lors, comme historien des sciences, aussi parfaitement inconnu qu'au jour de sa nomination.

Si je rappelle ce passe-droit, qui nous causa à nous, qui n'étions pas Français, jadis tant de surprises, c'est pour pouvoir dire qu'il semble avoir été dans la destinée de Paul Tannery d'être mieux apprécié à l'étranger que par ses compatriotes. On l'eût cependant peiné, je crois, en lui faisant cette observation. Mais enfin, le fait est là, et ce sont de nouveau deux étrangers, deux Danois, MM. J. L. Heiberg et H. G. Zeuthen, qui entreprennent la réédition de ses *Mémoires scientifiques*. Félicitons-en l'auteur ! Ce n'est pas un mince honneur pour lui que d'avoir trouvé comme éditeurs deux savants d'une pareille autorité !

Voici l'occasion et le plan de l'entreprise :

« Madame Paul Tannery nous a fait l'honneur de nous confier la publication des *Mémoires scientifiques* de son mari, épars dans un grand nombre de Revues, nous disent, dans l'Avant-Propos, MM. Heiberg et Zeuthen.

» Madame Tannery elle-même a rassemblé les matériaux nécessaires ; elle a mis à notre disposition les notes que Tannery avait écrites en marge de ses propres exemplaires, ainsi que sa correspondance avec divers savants, qui sera déposée en original et en copie à la Bibliothèque nationale. »

Quant à la manière dont les éditeurs comptent utiliser ces sources d'information :

« Seront exclus de la réimpression les ouvrages publiés en volume, les articles publiés à part, puis remaniés et entrés dans quelques-uns de ces ouvrages ; enfin les contributions personnelles de notre ami aux grandes éditions de Fermat, Descartes etc., dont il a été chargé par le Ministère de l'Instruction publique. »

Cet élagage s'imposait.

« Nous n'insérerons pas les *Questions* et *Réponses* données par Tannery à l'Intermédiaire des Mathématiciens et à la Bibliotheca Mathematica, quelques rapports, notes préliminaires et autres, dont on trouvera le détail complet dans la *Liste des Travaux* de Paul Tannery (1).

(1) Publié dans les Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 6e sér., t. IV, Bordeaux, 1908. Je l'ai analysé dans la Revue, dans mon *Bulletin d'Histoire des Sciences*, d'octobre 1909.

» Un choix sera fait de ses comptes rendus critiques et de ses articles biographiques compris dans la *Grande Encyclopédie*. Ces derniers seront placés respectivement dans les sections auxquelles ils se rapportent. Il en sera de même de ses articles posthumes. »

Tout ceci est de nouveau très judicieux.

« Le reste de l'œuvre de Paul Tannery sera publié en sept sections, savoir :

» 1. Sciences exactes dans l'Antiquité.

» 2. Sciences exactes chez les Byzantins.

» 3. Sciences exactes dans le Moyen Age et dans les temps modernes.

» 4. Mathématiques pures.

» 5. Philosophie.

» 6. Philologie classique.

» 7. Recensions.

» Une huitième section sera ajoutée plus tard concernant la Biographie, la Bibliographie, plus un choix puisé dans la correspondance scientifique.

» Chaque section formera un volume, sauf la première qui en comprendra trois. Nous avons introduit dans le texte sans les mentionner les corrections manuscrites de Paul Tannery et corrigé les fautes typographiques évidentes.

» Les remarques supplémentaires que nous avons rencontrées à la marge des articles reproduits sont notées d'un astérisque et les nôtres d'un double crochet [ ]. »

On se fera quelque idée de l'intérêt du volume par la liste des articles reproduits. Il m'a paru utile d'indiquer en même temps l'endroit précis du recueil périodique où ils ont été publiés la première fois.

1. Note sur le système astronomique d'Eudoxe (Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 1876, t. I, pp. 441-449). — 2. Le nombre nuptial dans Platon. (Revue philosophique, 1876, t. I, pp. 170-188). — 3. L'hypothèse géométrique du Ménon de Platon (*Id.*, 1876, t. II, pp. 285-289). — 4. Hippocrate de Chio et la quadrature des lunules (Mém... de Bord., 1878, t. II, pp. 179-184). — 5. Sur les solutions du problème de Délos par Archytas et par Eudoxe. Divination d'une solution perdue (*Id.*, 1878, t. II, pp. 277-283). — 6. A quelle époque vivait Diophante ? (Bulletin des Sciences Mathématiques, 1879, 2e sér., t. III, pp. 261-269). — 7. L'Article de Suidas sur Hypathia (Annales de la Faculté des lettres de

Bordeaux, 1880, t. II, pp. 297-201). — 8. L'arithmétique des Grecs dans Pappus (Mém... de Bord., 1880, t. III, pp. 351-371). — 9. Sur l'âge du pythagoricien Thymaridas (Ann... de Bord., 1881, t. III, pp. 101-104). — 10. L'article de Suidas sur le philosophe Isidore (*Id.*, 1881, t. III, pp. 204-208). — 11. Sur le problème des bœufs d'Archimède (Bull. des Sc. Math., 1881, 2e sér., t. V, pp. 25-30). — 12. Quelques fragments d'Apollonius de Perge (*Id.*, 1881, 2e sér., t. V, pp. 124-136). — 14. Les mesures des marbres et des divers bois de Didyme d'Alexandrie (Revue Archéologique, 1881, t. II, p. 152-164). — 14. Sur les fragments de Héron d'Alexandrie conservés par Proclus (Bull. des Sc. Math., 1882, 2e sér., t. VI, pp. 99-108). — 15. Sur les fragments d'Eudème de Rhodes relatifs à l'histoire des mathématiques (Ann... de Bord., n° 1, 1882, t. IV, pp. 70-76). — 16. Sur Sporos de Nicée (*Id.*, n° 3, 1882, t. IV, pp. 257-261). — 17. Sur l'invention de la preuve par neuf (Bull. des Sc. Math., 1882, 2e sér., t. VI, pp. 142-144). — 18. L'arithmétique des Grecs dans Héron d'Alexandrie (Mém... de Bord., 1882, 2e sér., t. IV, pp. 161-194). — 19. Sur la mesure du cercle d'Archimède (*Id.*, 1882, 2e sér., t. IV, pp. 313-337). — 20. De la solution géométrique des Problèmes du second degré avant Euclide (*Id.*, 1882, 2e sér., t. IV, pp. 395-416). — 21. Un fragment de Speusippe (Ann... de Bord., 1883, t. V, pp. 375-382). — 22. Serenus d'Antissa (Bull. des Sc. Math., 1883, 2e sér., t. VII, pp. 237-244). — 23. Sur une critique ancienne d'une démonstration d'Archimède (Mém... de Bord., 1883, 2e sér., t. V, pp. 49-61). — 24. Seconde note sur le système astronomique d'Eudoxe (*Id.*, 1883, 2e sér., t. V, pp. 129-147). — 25. Le fragment d'Eudème sur la quadrature des lunules (*Id.*, 1883, 2e sér., t. V, pp. 217-237). — 26. Aristarque de Samos (*Id.*, 1883, 2e sér., t. V, pp. 237-258). — 27. La stéréotomie de Héron d'Alexandrie (*Id.*, 1883, 2e sér., t. V, pp. 305-326). — 28. Études Héronniennes (*Id.*, 1883, 2e sér., t. V, pp. 347-369). — 29. Sur le Modius Castrensis (Rev. Arch., 1883, t. I, pp. 56-67).

H. Bosmans S. J.

IX

Gaston Darboux. — Éloges académiques et discours. Volume publié par le Comité du Jubilé de M. Gaston Darboux. Un vol.

in-8° de 524 pages avec portrait. Paris, — Librairie scientifique, A. Hermann et fils, 1912.

A l'occasion des noces d'or universitaires de M. Gaston Darboux, et de ses noces d'argent académiques, un Comité de géomètres français et étrangers a fait appel aux mathématiciens de tous les pays en vue d'offrir au jubilaire une médaille reproduisant son effigie, avec une adresse portant les signatures des souscripteurs. Les adhésions vinrent nombreuses et de tous côtés.

Le 21 janvier 1912, dans le Grand Salon du Conseil de l'Université, se réunissait une élite de professeurs et de savants, sous la présidence de M. Guist'hau, Ministre de l'Instruction publique, pour la célébration de cette fête essentiellement universitaire et académique.

Avant de se dissoudre, le Comité a décidé d'offrir à chaque souscripteur le volume dont nous venons de transcrire le titre. Il contient les éloges et les discours académiques prononcés par M. Darboux, les allocutions et les adresses de la fête du jubilé, et les noms de tous les adhérents.

On sait que l'Académie des sciences de Paris, dans ses assemblées générales, confie à ses secrétaires perpétuels le soin de rappeler la vie et d'analyser les travaux de ses membres défunts. Cet usage date de l'ancienne Académie ; l'inspiration en est due à Fontenelle, le créateur des *Éloges historiques,* qui figurent parmi les plus belles pages de la littérature scientifique de la France et qu'ont signées, après Fontenelle, Grandjean de Fouchy, Condorcet, Delambre, Cuvier, Fourier, Arago, Flourens, Élie de Beaumont, Dumas. Berthelot et Joseph Bertrand dont M. Darboux et M. Ph. van Tieghem sont aujourd'hui les successeurs (1).

C'est à la mémoire de son illustre maître, J. Bertrand, que M. Darboux consacra le premier *Éloge historique* qu'il ait prononcé. Il fut lu dans la séance publique annuelle du lundi 16 décembre 1901, et a été reproduit en tête des *Éloges académiques* de Joseph Bertrand (Paris, 192, pp. VIII-LI).

Viennent ensuite :

(1) A. de Lapparent, qui succéda à Berthelot, en 1907, mourut moins d'un an après son élection ; il eut pour successeur Henri Becquerel qui remplit les fonctions de secrétaire perpétuel quelques semaines à peine et fut remplacé par M. Ph. Van Tieghem. M. Darboux a succédé à J. Bertrand.

L'*Éloge historique de François Perrier* (21 décembre 1903) ;

Une *Notice historique sur Charles Hermite* (18 décembre 1905) (1) ;

Une *Notice historique sur Antoine d'Abbadie* (2 décembre 1907).

Un grand nombre de nos lecteurs ont connu Antoine d'Abbadie, membre fondateur de la Société Scientifique, son Président en 1880-1881 et, pendant de longues années, l'un des plus assidus, parmi ses membres étrangers, à ses Congrès de Pâques. Ils liront avec un grand intérêt la notice de M. Darboux où revit la personnalité si originale et si sympathique de l'illustre voyageur.

Le 20 décembre 1909, s'autorisant de l'exemple d'un de ses prédécesseurs, F. Arago, M. Darboux célébra la mémoire d'un membre de l'ancienne Académie des sciences, le général Meusnier (1754-1793) dont le génie inventif a été remis en lumière par les progrès récents de l'aérostation.

Ce n'est plus à l'éloge d'un savant mais à celui des *Donateurs de l'Académie* que M. Darboux consacra son discours du 18 décembre 1909 (2).

C'est à un membre de l'Académie que revient l'honneur d'avoir institué la première fondation dont l'Institut ait eu le bénéfice. Le 27 mars 1802, Jérôme de Lalande, à l'occasion de son 70e anniversaire, faisait à l'Institut, réuni en séance générale, la proposition suivante :

« Je demande à l'Institut la permission de placer au Mont-de-Piété 10 000 francs dont le revenu serve à donner chaque année une médaille d'or, ou la valeur, à celui qui aura fait l'observation la plus curieuse ou le Mémoire le plus utile pour le progrès de l'Astronomie, en France ou ailleurs, les membres résidants de l'Institut exceptés, sur le rapport des commissaires que l'In-

(1) On trouvera dans cette Revue (2e série, t. XIX, pp. 353-397), la bibliographie des travaux de Ch. Hermite, que la Société scientifique a eu l'honneur de compter parmi ses membres. L'article est intitulé : *Charles Hermite* (1822-1901) : Il contient trois parties : I. *Esquisse biographique*, par P. Mansion. II. *Notice sur les travaux scientifiques de Charles Hermite*, par C. Jordan. III. *Liste des ouvrages, Mémoires et notes* de Ch. Hermite, par P. Mansion. Un supplément à cette liste a paru, t. XX, p. 348.

(2) Dès l'année 1721, des prix furent régulièrement décernés aux lauréats de l'Académie (J. Bertrand, L'*Académie des sciences et les académiciens* de 1666 à 1793. Paris, 1869, p. 176). M. Darboux parle, dans sa notice, des *fondations* dont l'Institut continue à disposer.

stitut aura choisis dans la section d'Astronomie ou dans les autres sections analogues.

» A défaut d'observation ou de Mémoire assez remarquable, la Compagnie aura le droit de décerner la médaille, comme encouragement, à quelque élève qui aurait fait preuve de zèle pour l'astronomie. »

Le premier lauréat du prix Lalande fut Olbers.

Il fallut attendre un demi-siècle avant que l'exemple de Lalande fut suivi, mais, dès 1852, les fondations se succédèrent nombreuses et généreuses, émanant de membres et de correspondants de l'Académie, de leurs héritiers ou de Mécènes étrangers à la Compagnie.

La liste très intéressante que M. Darboux nous met sous les yeux se clôt par le nom de M. Auguste Tranquille Lontreuil. « Ce bon Français qui, parti pour la Russie comme simple employé, y avait, à force de travail et de volonté, progressivement acquis une situation industrielle prépondérante, n'avait cessé de faire le bien pendant sa vie. Arrivé au terme de sa carrière, il a voulu laisser la plus grande partie de sa fortune, sous des conditions bien conçues, aux grandes institutions scientifiques de la France : il a donné un million à la caisse des recherches scientifiques, deux millions et demi aux Universités de France, trois millions et demi à l'Académie des sciences. »

A la suite de ces éloges académiques, viennent d'autres discours de M. Darboux, des rapports, des articles non moins intéressants pour l'histoire de la science française ; en voici l'énumération :

L'Académie des sciences et l'association internationale des académies ; l'Académie des sciences et la carte du Ciel ; l'Unité de la science ; Fulton et l'Académie des sciences ; l'Esprit de Géométrie et l'Esprit de finesse ; l'École de Sèvres ; Marcelin Berthelot, discours prononcé, le 24 décembre 1901, à la cérémonie de son Cinquantenaire scientifique ; *Marcelin Berthelot*, article nécrologique paru dans le n° d'avril 1907 du Journal des savants ; *Louis Pasteur*, discours prononcé le 5 juin 1910, à l'occasion de la remise, à l'École Normale, du monument élevé à la mémoire de Pasteur dans le grand Jardin de l'École ; *Sur le Rôle des Sociétés savantes ; la Réforme de la Licence ès sciences.*

La seconde partie du volume est consacrée au Jubilé de M. Darboux. On y a reproduit les allocutions de M. G. Lippmann,

président de l'Académie des sciences, de M. H. Poincaré, parlant au nom de la section de Géométrie ; de M. Appell, doyen de la Faculté des sciences de Paris ; de M. Lavisse, directeur de l'École Normale supérieure ; de M. Vito Volterra, professeur à l'Université de Rome et de M. Schwarz, doyen des correspondants de l'Académie pour la section de Géométrie ; de Mlle Belugou, directrice de l'École Normale supérieure de Sèvres ; de M. Émile Picard, vice-président de la Société des Amis des Sciences dont M. Darboux est le président ; de M. Lucien Lévy, au nom de la Société mathématique de France ; de M. C. Guichard, au nom des anciens élèves de la Faculté des sciences et de l'École Normale supérieure ; le discours de M. Guist'hau, ministre de l'Instruction publique et la réponse de M. Darboux.

Voici un extrait du discours de M. H. Poincaré.

« C'est à la Géométrie, dit M. H. Poincaré, que vous avez consacré le plus de temps et de travail ; non seulement cette science vous attirait naturellement, peut-être pour la même raison qui lui assurait la prédilection des Grecs, parce qu'elle conduit facilement à des résultats achevés, satisfaisants à la fois pour l'esprit et pour l'imagination esthétique, mais les devoirs de votre enseignement vous y ramenaient sans cesse et vous obligeaient à l'approfondir. Ce sont pourtant vos travaux d'Analyse pure que je rappellerai d'abord parce que les précieuses qualités de votre esprit, l'élégance, la clarté, la recherche de la simplicité, s'y font mieux remarquer encore dans un domaine où elles se rencontrent plus rarement.

» Je citerai en premier lieu votre mémoire sur les fonctions de très grands nombres. Certaines expressions, qui dépendent d'un nombre entier, vont en se compliquant rapidement quand cet entier augmente, mais peuvent être remplacées avec une suffisante approximation par des fonctions très simples quand cet entier devient très grand. Dans une foule de questions, ce sont justement les cas qui nous intéressent exclusivement ; cela est vrai surtout dans les applications ; le physicien, dans la théorie des gaz, par exemple, n'a en vue que des moyennes portant sur de très grands nombres, il fait de la Mécanique Statistique ; de même ceux qui cultivent la Mécanique céleste savent le rôle important que jouent les termes d'ordre élevé de la fonction perturbatrice ; enfin le mathématicien pur se trouve en face des mêmes difficultés toutes les fois qu'il s'occupe des questions de convergence. La méthode générale que vous avez créée pour résoudre ces problèmes est d'une élégante simplicité et d'un

usage facile, puisqu'il ne s'agit que de former une série de Taylor et d'étudier les singularités de la fonction qu'elle représente.

» Les équations aux dérivées partielles du second ordre sont un des objets qui résistent le plus aux efforts des analystes ; il y a néanmoins des cas où l'on peut effectuer l'intégration sans quadrature partielle ; un seul était connu, grâce aux travaux de Monge ; c'est vous qui nous avez fait connaître tous les autres ; vous nous avez montré comment ils s'enchaînent les uns aux autres et comment une suite régulière d'opérations peut nous conduire sûrement au résultat, si ce résultat est possible.

» Un problème plus simple en apparence, l'intégration algébrique des équations différentielles du premier ordre et du premier degré, a aussi occupé votre attention ; vous nous avez fait voir comment se classent les cas d'intégrabilité et quels rôles jouent les points singuliers et certains exposants qui y sont attachés. Nul ne peut douter que c'est par la voie que vous avez ouverte qu'on pourra arriver un jour à reconnaître à coup sûr si une équation donnée est intégrable algébriquement, et que c'est encore par cette voie qu'on pourra aborder l'étude systématique des intégrales dans les cas où elles sont transcendantes.

» On a pensé longtemps que toutes les équations différentielles avaient des solutions singulières : on avait cru l'établir par un raisonnement spécieux, mais un peu sommaire. Vous avez montré combien on se trompait; ce qu'on croyait la règle n'était que l'exception, ce qu'on croyait l'exception était la règle; c'est là une sorte d'aventure à laquelle les mathématiciens seraient souvent exposés, si la sagacité des maîtres ne les avertissait du piège.

» Au moment d'aborder les travaux qui ont surtout consacré votre gloire, vos recherches géométriques, je m'aperçois que j'ai déjà beaucoup abusé de l'attention de l'auditoire et de la vôtre et qu'il ne me reste que peu de temps. Heureusement vos découvertes sont dans toutes les mémoires, tous les géomètres ont lu les volumes de votre théorie des Surfaces, votre traité sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes.

» Les géomètres semblent se diviser en deux écoles; les uns regardent l'analyse comme une intruse, que Descartes a indûment introduite dans un domaine qui ne lui appartient pas; ils voudraient rendre à la science qu'ils aiment la pureté qu'elle avait du temps d'Euclide; les autres ne voient guère dans la

géométrie qu'une branche de l'analyse, où on pourrait se passer de faire des figures. Vous avez heureusement évolué entre ces deux tendances opposées; vous saviez bien que l'on ne peut plus rien aujourd'hui sans l'analyse, mais vous saviez aussi combien est précieux ce qu'on appelle le sens géométrique; vous nous avez montré qu'on peut le garder aussi sûr et aussi fin qu'il l'était chez les anciens Grecs et cependant manier le calcul avec habileté.

» La géométrie analytique est tantôt purement algébrique, elle étudie alors des surfaces et des courbes de degré fini et bien déterminées, et elle les étudie dans leur ensemble; mais, souvent aussi, elle fait appel au calcul infinitésimal, elle prend pour ainsi dire un microscope pour nous montrer en détail ce qui se passe dans le voisinage de chaque point d'une surface. Sans négliger le premier point de vue, comme le montrent vos belles études sur les cyclides, sur la surface de Kummer, sur la surface de l'onde, vous vous êtes surtout attaché au second. Les systèmes triples orthogonaux doivent leur importance à l'emploi qu'on en peut faire pour définir des coordonnées curvilignes, ils dépendent, comme on sait, d'une équation du troisième ordre que Bonnet avait découverte et que vous avez retrouvée par une autre voie; c'est là un sujet qui semble inépuisable et auquel vous êtes souvent revenu, chaque fois avec fruit. J'en dirai autant de la déformation des surfaces, problème extrêmement difficile, qui n'est pas près d'être résolu d'une façon générale; le jour où il le sera, on n'oubliera pas ce que vous avez fait pour en préparer la solution.

» La Géométrie telle que vous l'entendiez, vous a conduit naturellement à la Mécanique et par deux voies : d'une part, la Géométrie infinitésimale est intimement liée à la Cinématique; d'autre part, le problème des lignes géodésiques est au fond un problème de dynamique analytique.

» C'était peu d'obtenir de beaux et de nombreux résultats partiels, vous avez pu les embrasser d'une vue d'ensemble, les résumer dans un ouvrage magistral qui a fait de vous l'un des classiques de la Géométrie. »

M. Appell retrace, dans son discours, la carrière professorale du jubilaire et insiste sur les services signalés rendus par M. Darboux à la Faculté des sciences au cours de son long et laborieux décanat (1889-1903).

En parlant des succès d'étudiant de M. Darboux, M. Lavisse

produit ce document inédit, tiré des registres de l'École Normale :

« Élève hors ligne. Travail, conduite, distinction d'esprit, de caractère, de tenue; rien ne laisse à désirer.

» Ce jeune homme se placera rapidement au nombre de nos mathématiciens les plus éminents. L'esprit d'invention était la seule qualité dont il fallait attendre la révélation chez ce jeune maître. Or, il en a témoigné récemment par un travail très remarquable présenté à l'Académie des sciences, et par diverses notes qu'il a remises à Messieurs les maîtres de conférences dans le courant de l'année sur divers sujets, à l'étude desquels il a pu se livrer sans cesser de tenir le premier rang dans sa division, malgré les préoccupations de la préparation au concours de l'agrégation.

» Il faut absolument que ce jeune homme reste à Paris... »

Ce jeune homme était M. Darboux et cette note est signée Pasteur.

A ces discours où on joint les adresses et les télégrammes venus de divers points de la France et de l'étranger; la liste des souscripteurs, au nombre de plus de huit cents, clôt le volume. Les documents qu'il renferme joints à ceux que fournissent la *Biographie* et la *Bibliographie*, publiées par M. Ern. Lebon, dans ses *Savants du jour*, forment un monument digne de la science et des éminents services de l'illustre géomètre français.

T. N.

X

Mécanique Générale, Cours professé à l'École centrale des Arts et Manufactures, par A. Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite. Deuxième édition. Un vol. grand in-8° de XII-620 pages et 205 figures dans le texte. — Paris, Ch. Béranger *(Encyclopédie des travaux publics* fondée par M.-C. Lechalas).

Les traités de Mécanique Générale sont nombreux et il en est d'excellents. C'est parmi ceux-ci qu'il faut placer, en très bon rang, le Cours de M. A. Flamant. Il a pour objet, « l'exposition

des principes les plus élémentaires de la Mécanique Générale. Comme tous les volumes de l'Encyclopédie, il est surtout destiné aux Ingénieurs : on n'y trouvera donc aucune indication ayant en vue les problèmes de la mécanique céleste, ni même les équations générales de Lagrange, Jacobi et Hamilton qui n'ont pas d'application, ou dont on peut se passer, dans la résolution des problèmes usuels ».

Il se recommande à tous ceux qui s'intéressent à un titre quelconque, scientifique ou philosophique, à l'étude et à l'enseignement de la Mécanique, par le souci constant d'associer la clarté à la précision, et le soin de mettre en pleine lumière les principes fondamentaux et les notions les plus délicates ; par ses démonstrations parfois originales et toujours présentées de façon très heureuse. Les extraits suivants de l'*Avant-Propos* seront lus avec plaisir et profit par nos lecteurs, et leur feront connaître l'esprit qui a présidé à la composition de ce traité.

« Le mode d'exposition de la Science Mécanique a subi depuis un siècle, bien des vicissitudes. Après avoir été pendant longtemps la science de l'équilibre, auquel on assimilait le mouvement par l'application du principe assez obscur de d'Alembert, elle s'est transformée peu à peu. On a considéré d'abord le mouvement en lui-même, indépendamment de ses causes, et cette étude a donné lieu à une branche nouvelle : la Cinématique, qui a pris de jour en jour plus d'importance. L'examen des *causes* du mouvement venait ensuite, avec les notions d'équilibre qui en sont les conséquences. Quelques-uns, d'après l'ancienne méthode, étudiaient l'équilibre avant le mouvement, la Statique avant la Dynamique ; d'autres marchaient en sens inverse, commençant par la Dynamique, suite naturelle de la Cinématique, pour terminer par la Statique, l'équilibre n'étant qu'un cas particulier du mouvement.

» En traitant à part la Cinématique, on a l'avantage de faire du mouvement proprement dit, abstraction faite des circonstances physiques où il se produit, une étude purement géométrique, dégagée de toute loi ou hypothèse physique, et d'arriver à des conséquences aussi rigoureuses que les théorèmes de la géométrie elle-même.

» Mais, en adoptant ensuite l'idée de force comme *cause* du mouvement, on rentre dans le domaine de l'hypothèse et il faut poser, sur la nature et les effets de ces forces, des principes

d'une vérification difficile en raison de l'obscurité même de la notion de la force, laquelle devient cependant primordiale (1).

» La nature de notre esprit nous porte à chercher l'essence ou le *pourquoi* des choses. En cela nous visions plus loin que le but qu'il nous est donné d'atteindre ; car l'expérience nous apprend bientôt que nous ne pouvons pas aller au delà du *comment*, c'est-à-dire au delà de la cause prochaine ou des conditions d'existence des phénomènes. Il n'y a pour nous que des phénomènes à étudier, les conditions matérielles de leurs manifestations à connaître et les lois de ces manifestations à déterminer.... Lorsque, par une analyse successive, nous avons trouvé la cause prochaine d'un phénomène en déterminant les conditions et les circonstances simples dans lesquelles il se manifeste, nous avons atteint le but scientifique que nous ne pouvons dépasser (2) ».

« Déjà Newton avait dit, à propos de l'attraction : « Les corps tombent d'après un mouvement accéléré dont on connaît la loi : voilà le fait, voilà le réel. Mais la cause première qui fait tomber ces corps est absolument inconnue. On peut dire, pour se représenter le phénomène à l'esprit, que les corps tombent comme s'il y avait une force d'attraction qui les sollicite vers le centre de la terre, *quasi esset attractio.* Mais la force d'attraction n'existe pas, ou on ne la voit pas, ce n'est qu'un mot pour abréger le discours ».

» La tendance de l'esprit philosophique était donc d'affranchir l'enseignement de la Mécanique de l'idée de force considérée comme *cause* du mouvement.

» Cette tendance se manifeste nettement dans le Discours préliminaire du *Traité de Dynamique* de d'Alembert : « Tout ce que nous voyons bien distinctement, dit-il, dans le mouvement d'un corps, c'est qu'il parcourt un certain espace, et qu'il employe un certain tems à le parcourir. C'est donc de cette seule idée qu'on doit tirer tous les principes de la Mécanique, quand on veut les démontrer d'une manière nette et précise ;

(1) Il n'était pas rare dans les anciens traités de mécanique, après cette définition de la force : *tout ce qui produit ou modifie un mouvement*, de trouver, donné comme loi de la nature ou résultat de l'observation, que *tout mouvement reste le même s'il n'intervient une force qui le modifie*, alors que cette prétendue loi n'est qu'une répétition de la définition qu'on avait adoptée.

Cela montre le peu de précision que l'on attribuait à la notion de force.

(2) Claude Bernard : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.*

ainsi, on ne sera point surpris qu'en conséquence de cette réflexion, j'ai, pour ainsi dire, détourné la vue de dessus les *causes motrices*, pour n'envisager uniquement que le mouvement qu'elles produisent ; que j'aie entièrement proscrit les forces inhérentes au Corps en mouvement, êtres obscurs et métaphysiques, qui ne sont capables que de répandre les ténèbres sur une science claire par elle-même » (page XVJ de la 2e édition, 1758, ou page XJV de la 3e, 1796). Malheureusement, le *Traité de Dynamique*, auquel ce Discours sert d'introduction, débute par des paralogismes qui en rendent la lecture pénible et à la suite desquels l'auteur semble s'écarter de la voie qu'il a si magistralement ouverte.

» Dans trois *Mémoires sur la Mécanique*, publiés en 1821 (Paris, chez Firmin Didot), et qui portent pour épigraphe cette citation de d'Alembert, Louis-Joseph du Buat, fils du célèbre hydraulicien, adopte résolument ce mode d'exposition. Il définit les *forces accélératrices* de simples accroissements de vitesses, et les *forces motrices*, des produits de ces accroissements par les masses, tout en constatant que le mot *force* est pris, dans l'usage ordinaire, avec une signification différente, qu'on désigne ainsi la *cause* qui produit le mouvement et qui réside soit dans les êtres animés, soit dans les propriétés de la matière ; mais que la Mécanique ne considère et ne mesure les forces que dans leurs effets qui sont des vitesses imprimées à des masses, que c'est uniquement pour abréger le langage que l'on donne à l'effet le nom de la cause, etc.

» Ces trois mémoires, bien que remarquables (1), ne paraissent avoir exercé aucune influence sur le mode d'exposition de la science (2).

» Au contraire, Ampère, par sa lumineuse décomposition de la Mécanique *(Essai sur la philosophie des Sciences*, 1834), et surtout par la création du mot *Cinématique*, a puissamment contribué à la modification de l'enseignement. La séparation

(1) On y trouve traitées un grand nombre de questions intéressantes. En particulier, le chapitre III intitulé : *Mouvement du pendule à centre mobile. Application au pendule à la surface de la Terre.* a permis à M. Bertrand, dans un article *Sur les progrès récents de la Mécanique* (REVUE DES DEUX-MONDES, 1864, t. LI), de placer du Buat en tête de la liste des géomètres dont les calculs auraient pu faire pressentir le résultat de l'expérience de Foucault.

(2) Ces renseignements sur L.-J. du Buat sont extraits de la notice publiée sur ce savant par de Saint-Venant dans les MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE LILLE, 1865, 3e série, 2e volume.

effectuée sur son indication a même eu plus de portée qu'il n'avait prévu ; car ce ne sont pas seulement des espaces, des vitesses et des transformations géométriques de mouvement que l'on considère en cinématique ; on y range aussi l'étude de ce que du Buat appelait les forces accélératrices, qui ne sont plus que des accélérations. On en étend même la définition, dans un sens géométrique, aux changements opérés à la fois aux grandeurs et aux directions des vitesses et qualifiés déjà par d'Alembert de gains ou pertes de vitesse.

» Ces idées ont été exposés en 1838 par Poncelet, à la Faculté des sciences de Paris, et Résal, en 1862, publiait un traité de *Cinématique pure*, qui se trouva ainsi constitué à l'état de Science distincte. Elle formait d'ailleurs la première partie de la plupart des traités de Mécanique publiés vers cette époque ; je ne citerai que le plus répandu de tous, celui de Delaunay, dont la première édition date de 1856.

» Mais, après cette exposition des propriétés géométriques du mouvement, on voit invariablement reparaître la force comme cause du mouvement, l'inertie comme propriété de la matière, etc., c'est-à-dire les « êtres obscurs et métaphysiques » dénoncés par d'Alembert.

» C'est Barré de Saint-Venant qui, le premier, dans ses *Principes de Mécanique fondés sur la Cinématique,* publiés en 1851 (Paris, Bachelier), a décidément expulsé les forces, « ces sortes d'êtres problématiques, ou plutôt d'adjectifs substantisés, qui ne sont ni matière ni esprit, êtres aveugles et inconscients qu'il faut douer cependant de la merveilleuse faculté d'apprécier les distances et d'y proportionner ponctuellement leur intensité » (1). A tous les principes plus ou moins vagues qui encombraient l'entrée de la Science mécanique et dont l'obscurité affectait fâcheusement les bases sur lesquelles elle devait être assise, il substituait une seule *loi* fournie par l'expérience ou posée comme synthèse de tous les faits observés : « Les corps se meuvent comme des systèmes de points ayant à chaque instant des accélérations dont les composantes géométriques, dirigées suivant leurs lignes de jonction deux à deux, et variables avec les longueurs de ces lignes, sont constamment égales et opposées pour les deux points dont chacune mesure la distance. »

» Et de cette loi unique, par des raisonnements ne portant que

(1) Notice sur L.-J. du Buat, citée plus haut, page 68.

sur des choses parfaitement définies et connues, il déduisait toute la Mécanique.

» Cette courageuse tentative de réforme n'a pas eu, durant un long temps, le succès qu'elle méritait ; elle a bien été approuvée en principe par un grand nombre de philosophes et de savants ; en particulier, M. G. Lechalas, dans un article sur « l'Activité de la Matière », publié dans la CRITIQUE PHILOSOPHIQUE de 1887, a montré que cette façon d'enseigner la mécanique est la seule rationnelle. « Mais elle se heurte, dit-il, à une grosse difficulté résultant de l'habitude invétérée où nous sommes tous d'introduire les forces dans nos conceptions. En outre, les écrits inspirés par les idées que nous venons d'indiquer sont fort peu nombreux : d'une part, en effet, il ne s'agit pas là d'un procédé nouveau de calcul, qui permette de résoudre de nouveaux problèmes, mais seulement d'un mode d'exposition plus rationnel, plus favorable à la culture de l'esprit ; d'autre part, il n'est guère possible d'introduire ce mode d'exposition dans les livres d'enseignement, où il serait si bien à sa place, les programmes officiels y mettant obstacle. »

» Déjà l'étude séparée et préalable des propriétés géométriques du mouvement avait eu pour résultat de simplifier notablement les démonstrations, tout en les rendant plus rigoureuses. Il nous est difficile aujourd'hui de nous faire une idée de la complication des raisonnements au moyen desquels les géomètres du commencement du XIXe siècle établissaient les théorèmes fondamentaux de la mécanique ; la démonstration de la règle du parallélogramme des forces ne remplit pas moins de dix pages d'un raisonnement serré dans le *Traité de Mécanique élémentaire* de Francœur, qui était l'ouvrage classique le plus répandu vers 1830 ; celle du principe des vitesses virtuelles, qui est devenu le théorème du travail virtuel, ne se faisait que par l'interposition, entre les diverses parties du système matériel, d'une infinité de moufles, de cordons, de verges inflexibles, de poulies, de liens de toute sorte dont l'emploi avait, entre autres inconvénients, celui de laisser subsister sur cette vérité fondamentale une sorte de doute ou d'incertitude, résultant de la complication même des raisonnements d'où on l'avait déduite.

» De Saint-Venant, dans un *Mémoire sur les théorèmes de la Mécanique générale*, présenté à l'Académie des Sciences le 14 avril 1834 et que j'ai publié dans la première édition du présent ouvrage, avait montré que ces théorèmes peuvent être

établis d'une façon beaucoup plus simple, en même temps que plus rigoureuse et purement géométrique.

» Cette simplification des démonstrations n'est qu'une partie du but à atteindre ; ce qui importe surtout, c'est de bannir de l'enseignement les notions vagues et imprécises, de diriger les esprits non vers les *causes* des phénomènes qui nous sont inaccessibles, mais vers leurs *effets* mesurables. C'est ce que de Saint-Venant a entrepris de réaliser dans ses *Principes de Mécanique* de 1851.

» L'utilité de ce changement dans le mode d'exposition de la science est encore contestée : il a, comme le dit très bien M. Lechalas, le grave inconvénient de modifier nos habitudes. Il convient d'ailleurs de reconnaître qu'il s'opère progressivement : des traités de mécanique relativement récents énoncent encore, comme les anciens, les prétendus principes que l'on regardait comme les bases nécessaires de la science et, après avoir déclaré que « le moyen le plus simple de se faire une idée d'une cause est de la supposer proportionnelle à l'effet produit » (1), ils y reviennent rarement et continuent leur exposé en se fondant surtout sur cette proportionnalité ; toutefois, quelques-uns des derniers ouvrages publiés manifestent un progrès marqué dans le sens de cette réforme.

» Bien que discutée, l'idée directrice de cette modification de l'enseignement se généralise donc ; son importance, reconnue par d'éminents professeurs et appuyée de leur autorité, paraît maintenant assez grande pour que l'on recherche quel en a été le véritable promoteur. Dans une note publiée au *Bulletin de la Société philomatique de Paris*, 8e série, tome IX, 1896-1897, M. Vicaire, examinant le traité de mécanique de Kirchhoff, dans lequel ce nouveau mode d'exposition de la science a été adopté, et contestant vivement l'utilité du changement, semble attribuer à cet auteur la priorité de l'idée, car il ne dit pas un mot de son précurseur. Or, ce n'est qu'en 1876, vingt-cinq ans après de Saint-Venant, que Kirchhoff a publié le premier volume de sa physique mathématique, avec le sous-titre Mécanique (*Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik*, Leipzig, Teubner). Les *leçons de dynamique,* professées par Jacobi à Kœnigsberg en 1842-1843, reposent aussi sur des idées cinématiques, mais l'auteur ne s'y appesantit pas sur les questions de principe ;

(1) Résal, *Traité de mécanique générale,* Paris, Gauthier-Villars, 1873, tome 1er, page 132.

au fond, elles ont surtout pour objet les équations différentielles et les dérivées partielles. Elles n'ont d'ailleurs été publiées qu'en 1866 par Clebsch (*Vorlesungen über Dynamik, von C. G. J. Jacobi*, Berlin, Reimer) (1).

» Il n'est donc pas possible de contester à de Saint-Venant la priorité de l'initiative de la réforme qu'il a introduite dans l'enseignement de la Mécanique.

» J'ai essayé de le suivre dans cette voie, et le présent ouvrage n'est guère que le développement et la mise au point des *Principes de Mécanique* de 1851. De même qu'on a conservé, dans la science, le nom de *force vive* au produit d'une masse par le carré d'une vitesse, sans y attacher aucune des idées métaphysiques qui ont donné lieu, dans le cours du XVIIIe siècle, à tant de disputes, j'ai maintenu, comme l'avait fait de Saint-Venant, pour la commodité du langage, et en lui ôtant toute signification de *cause*, le mot de *force* défini simplement comme le produit de quantités mesurables : une masse et une accélération. J'ai conservé aussi le nom d'*inertie* ou de *force d'inertie*, sans y attacher en rien l'idée d'une propriété de la matière : je n'ai même pas hésité à employer l'expression bizarre de *travail de l'inertie*, définie par le produit de quantités mesurables, malgré ce que présenterait de contradictoire cette alliance de mots, si on leur donnait la même signification que dans le langage usuel.

» J'ai séparé nettement, en trois divisions distinctes, les questions de pure Géométrie applicables aux grandeurs spatiales : points, lignes, surfaces, volumes, celles de Cinématique où, à ces grandeurs, s'ajoute le temps, et enfin celles de Mécanique proprement dite où intervient en outre la masse. Cependant, j'ai cru devoir admettre, dès le début, la possibilité d'affecter, aux divers points géométriques d'un système, des coefficients d'importance numérique spéciaux pour chacun d'eux, coefficients dont la nature concrète peut rester provisoirement sans aucune détermination, ainsi que l'a indiqué M. Haton de la Goupillière dans sa *Géométrie des Masses*, mais qui, par ce fait même qu'ils peuvent recevoir une interprétation quelconque, permettent d'étendre la notion et les propriétés du centre de gravité à des objets très divers. En adoptant alors, comme il est naturel, la même lettre pour représenter le coefficient d'importance numé-

(1) Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. Mansion, professeur à l'Université de Gand et membre de l'Académie Royale de Belgique.

rique du point géométrique et la masse du point matériel auquel il est assimilé, on peut appliquer, sans aucune modification, aux systèmes matériels étudiés dans la troisième partie, les formules établies dans les deux premières pour les points géométriques ; il en résulte une simplification de forme. L'emploi continu, pour ainsi dire, d'une notation spéciale pour les équipollences et les sommes géométriques abrège aussi beaucoup les formules et les démonstrations.

» Un dernier chapitre est consacré à une description, plus théorique que pratique, de quelques-uns des mécanismes les plus usuels, en particulier des engrenages.

» Un volume de l'Encyclopédie étant consacré à l'hydraulique théorique, je n'ai abordé aucune des questions relatives à l'équilibre ou au mouvement des fluides qui trouvent ordinairement place dans les traités de mécanique générale.

» Après cela, il me reste peu de chose à dire de mon ouvrage. Il est impossible, dans l'étendue d'un seul volume, de traiter toutes les questions même usuelles : le *Cours de mécanique* de M. Collignon comprend cinq volumes, celui de M. Résal six ; je ne pouvais avoir la prétention d'être aussi complet que l'un ou l'autre ; je devais me borner, comme je l'ai fait, à ne donner que les principes généraux et essentiels, avec les quelques applications classiques que l'on trouve partout et qui ne peuvent être remplacées par d'autres : le mouvement vertical ou parabolique des corps pesants, celui du pendule, celui des planètes autour du soleil, etc. Il n'y a donc, dans cet ouvrage, rien qui ne se trouve déjà dans presque tous les traités de mécanique publiés antérieurement, depuis la *Statique*, de Poinsot, jusqu'au *Cours de mécanique et machines*, de Bresse. Toutes les démonstrations ont été tant de fois faites et refaites qu'il était bien difficile de les simplifier encore : je n'ai cherché qu'à les rendre aussi claires que possible.

» Cette seconde édition ne diffère de la première que par quelques additions et modifications en général peu importantes. Je crois devoir signaler, cependant, l'essai que j'ai tenté de donner une idée des *Solutions singulières* qui font l'objet du mémoire de M. Boussinesq sur la *Conciliation du véritable déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale ;* le lecteur qui se reportera à cette magistrale étude trouvera certainement mon exposé bien incomplet, mais je n'ai pas voulu lui donner un développement hors de proportion avec le reste de l'ouvrage : je me suis contenté de montrer, par un

exemple simple, la nature et l'importance de la question. J'ai complété les articles relatifs au pendule simple et au pendule composé, le premier par l'étude du mouvement lorsque les oscillations ne sont pas très petites et que le point pesant parcourt la circonférence entière, le second par le calcul de la réaction du point de suspension. J'ai réparé une omission de la première édition en disant quelques mots du gyroscope et de la balance gyroscopique, enfin j'ai ajouté un petit article relatif à la roue de voiture et un autre à la bicyclette.

» Pour le reste, je me suis attaché à revoir la rédaction qui, sur beaucoup de points, était défectueuse. La définition du mouvement et surtout celle des mouvements relatifs étaient peu claires et comprenaient même des énonciations qui pouvaient paraître contradictoires ; il y manquait, en particulier, la définition, introduite dans la science par Calinon, du mouvement-unité servant à mesurer le temps. M. G. Lechalas, dans sa très intéressante étude, d'une haute portée philosophique, sur *l'Espace et le Temps* (2e édition, Paris, Alcan, 1910), a appelé mon attention sur ces imperfections que je me suis efforcé de faire disparaître. Si, dans ces parties, cette édition vaut mieux que la première, c'est à sa critique bienveillante et à ses obligeants conseils que le lecteur en sera redevable ; c'est à lui d'ailleurs que je dois la rédaction de la remarque additionnelle placée à la fin du volume. Je lui renouvelle ici mes sincères et affectueux remerciements. »

Voici le texte de cette remarque additionnelle :

« On a pu se rendre compte de l'importance du choix du mouvement-unité, servant à définir des temps égaux, ainsi que de celui des repères par rapport auxquels on détermine les mouvements, importance qui se fait sentir à l'occasion de la description cinématique de l'univers et à celle de l'établissement des lois de la mécanique. On a vu aussi que, pour arriver à des expressions simples, il convient d'adopter comme repères le système des étoiles fixes (ou des repères animés d'un mouvement de translation uniforme par rapport à celui-ci), et comme mouvement-unité, la rotation de ce même système, ou mieux de la terre, pour tenir compte du choix des repères.

» Or les étoiles dites fixes ne le sont pas absolument, en ce sens qu'il se produit à la longue de légères variations dans leurs distances angulaires, et un fait plus grave encore se présente en ce qui concerne la mesure du temps : on parle en effet constamment d'un ralentissement possible de la rotation de la

terre ; or prendre cette rotation pour mouvement-unité, c'est poser, par définition, la constante de cette rotation.

» Ainsi apparaît la nécessité de déterminer des axes et un mouvement-unité théoriques permettant de rectifier au besoin les choix pratiques que nous avons indiqués. On admet qu'il existe au moins une manière de mesurer le temps et un système d'axes tels que les corps de l'univers se meuvent conformément à la loi de la gravitation universelle, à la loi de l'égalité entre l'action et la réaction et à la loi de l'indépendance des forces. Partant de là, on détermine comment les astres doivent se mouvoir par rapport au système d'axes, et l'on rencontre dans ces calculs des constantes et une variable indépendante t. Si n est le nombre des constantes, on fait $n + m$ observations à m époques différentes, et l'on obtient ainsi $n + m$ équations entre les n constantes et les m valeurs de t.

» Si ces équations sont incompatibles ou ne fournissent pas, pour t, m valeurs croissant avec l'ordre des observations, les hypothèses faites sont absurdes; si elles fournissent, au contraire, des valeurs convenables pour les inconnues, il est possible que les hypothèses répondent à la réalité, mais il faut encore qu'on puisse faire croître t de manière à faire concorder à chaque instant l'univers calculé avec l'univers réel.

» Tous ces calculs sont faits à l'avance par les bureaux des longitudes et consignés dans les éphémérides ; jusqu'à présent on a pu réussir à maintenir l'accord entre la théorie et l'observation, grâce aux corrections de réfraction, d'aberration, etc., et cela avec une mesure du temps différant extrêmement peu de celle qui résulte de la révolution d'une étoile quelconque. La mesure théorique du temps est donc celle que donnent les éphémérides calculées en se basant sur l'hypothèse de la gravitation universelle (1).

» Il n'est peut-être pas sans intérêt de noter que, dès le VIe siècle de l'ère chrétienne, au crépuscule de la philosophie grecque, Damascius avait compris que le mouvement ne nécessite pas l'existence d'un terme fixe : « Bien que l'on n'identifie le lieu ni à un corps fixe ni à un espace immobile, rien n'empêche les corps célestes de se mouvoir ». Damascius exige, il est vrai, qu'il y ait un *lieu naturel* de l'univers qui soit immobile, mais ce repère n'est réalisé d'une manière actuelle par aucun corps

(1) Cet exposé est à peu près emprunté à M. Goedseels (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, année 1893-1894, 1re partie, pp. 9 et 10).

concret : c'est un être idéal que, seule, la science physique définit et détermine.

» Cette pensée était trop loin de l'inspiration aristotélicienne alors dominante et la science était trop incapable de remplir le programme qui lui était tracé, pour qu'elle pût produire alors les fruits qu'elle devait porter. Aussi ne fut-ce que longtemps après, au XIIIe siècle, qu'on la vit réapparaître, d'abord bien affaiblie, puis plus nettement au XIVe, dans l'enseignement donné par Walter Burley à Paris (1). »

Une table alphabétique très complète, et une table des matières terminent le volume. Voici un aperçu de cette seconde table :

PREMIÈRE PARTIE. NOTIONS GÉOMÉTRIQUES. Chapitre premier. *Des systèmes de lignes.* 1. Définitions. 2. Des moments des lignes. 3. Équivalence et composition des systèmes de lignes. — Ch. II. *Centres de gravité et moments d'inertie.*

DEUXIÈME PARTIE. CINÉMATIQUE. Ch. III. *Étude générale du mouvement d'un point.* 1. De la vitesse. 2. De l'accélération. — Ch. IV. *Détermination du mouvement d'un point.* 1. Lois générales. 2. Mouvement d'un point assujetti à certaines conditions. — Ch. V. *Des systèmes invariables à l'état de mouvement.* 1. Mouvements élémentaires ou instantanés. 2. Mouvements continus. — Ch. VI. *Des mouvements simultanés et relatifs.* 1. De la vitesse. 2. De l'accélération. — Ch. VII. *Lois générales du mouvement des systèmes.* 1. Systèmes quelconques. 2. Systèmes invariables.

TROISIÈME PARTIE. MÉCANIQUE. Ch. VIII. *Des lois physiques du mouvement.* 1. Conditions de la production du mouvement. 2. Des forces et de l'inertie. — Ch. IX. *Théorèmes généraux de la Mécanique.* — Ch. X. *Des forces vives et du travail.* 1. Du travail en général. 2. Évaluations du travail. Résistances. — Ch. XI. *De l'équilibre et des machines simples.* — Ch. XII. *Mécanismes.*

J. T.

(1) Voir *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, par M. Duhem, dans la REVUE DE PHILOSOPHIE (septembre 1907 à mai 1909).

XI

Cinématique appliquée et Mécanismes, par L. Jacob, ingénieur général de l'artillerie navale (ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Génie et Mécanique appliquée* de l'*Encyclopédie scientifique*). 1 vol. in-18° jésus de 361 pages, avec 171 figures. — Paris, Doin, 1912.

A peine avons-nous signalé aux lecteurs de la Revue le quatrième volume donné à l'*Encyclopédie scientifique* par M. l'ingénieur général Jacob (1), qu'il nous faut leur en présenter un nouveau non moins bien venu que les précédents. A voir la rapidité avec laquelle se succèdent ces volumes, sous une même plume, on pourrait craindre *a priori* que leur rédaction ne se ressentît quelque peu d'une telle hâte. Il n'en est rien; chacun d'eux a le caractère d'une œuvre longuement mûrie, ce qui atteste que les matières qui s'y trouvent traitées étaient dès longtemps familières au savant auteur.

Ni pour le fond, ni pour la forme, sa *Cinématique appliquée* ne le cède à son *Calcul mécanique* dont nous avons essayé précédemment de faire valoir toutes les qualités.

Il convient de considérer à part le chapitre I, sorte d'introduction théorique, dont il est fait diverses applications dans la suite de l'ouvrage, que l'auteur a simplement intitulé : *Vitesses et accélérations d'un système mobile*, et qui fait connaître, en réalité, un mode purement graphique de détermination de ces divers éléments, dérivant de l'application systématique de certains principes, et constituant, à cet égard, une sorte de pendant à la statique graphique. Aussi jugerions-nous bon, pour notre part, que l'ensemble de ces procédés reçût la désignation parallèle de *Cinématique graphique*.

Cette cinématique graphique, telle que l'expose M. Jacob, est l'œuvre personnelle d'un savant constructeur naval français, M. l'ingénieur en chef Marbec, actuellement sous-directeur de l'Ecole du génie maritime, dont la très ingénieuse théorie ne jouit pas encore de toute la notoriété à laquelle elle peut légitimement prétendre; elle n'avait, en effet, encore jamais pris, jusqu'à ce jour, la forme d'un texte imprimé, mais seulement

(1) Voir la livraison de juillet 1911, p. 271.

celle de feuilles de cours autographiées, distribuées seulement à un très petit nombre d'exemplaires. Grâce à l'exposé que M. Jacob en offre, pour la première fois, au grand public, elle ne va certainement pas tarder à se répandre et même à devenir classique. Pour faire ressortir tout leur intérêt, il suffit de rappeler que l'étude dynamique des machines suppose la détermination des forces d'inertie qui se développent pendant leur mouvement, détermination qui se réduit elle-même à celle des accélérations de certains points du mécanisme où l'on peut supposer les masses concentrées. Les considérations qui précèdent suffiront sans doute à faire ressortir l'intérêt majeur qu'offre le premier et court chapitre (une douzaine de pages) par lequel s'ouvre ce nouveau volume de l'Encyclopédie.

Le reste de l'ouvrage est consacré à la théorie des mécanismes. On sait combien il est délicat de faire choix, en une telle matière, d'une bonne classification. Divers savants se sont efforcés d'approfondir cette question, et l'on n'ignore pas que le distingué professeur de la Sorbonne, M. Kœnigs, poursuit, à cet égard, depuis quelques années, des recherches du plus haut intérêt théorique. M. Jacob, s'adressant avant tout à des techniciens, a, dans la classification qu'il a adoptée, eu surtout égard à des considérations d'ordre pratique. Voici comment, dans son introduction, il en énonce le principe :

« Si l'on considère le tracé d'un mécanisme et qu'on le suppose en action, deux cas peuvent se présenter :

» Ou bien, par suite des dispositions mêmes des corps qui le constituent, le mécanisme est obligé de prendre le mouvement qu'il a effectivement; ou bien, au contraire, par suite de ses formes, le mécanisme peut prendre divers mouvements et celui qu'il prend effectivement résulte de l'expérience.

» Dans le premier cas, le mouvement peut être étudié par des considérations d'ordre purement cinématique et nous dirons que le mécanisme est à jonctions cinématiques.

» Dans le second cas, la cinématique seule est impuissante à déterminer le mouvement du mécanisme, et il faut faire intervenir le jeu de certaines forces que l'expérience nous fait connaître : Nous dirons alors que le mécanisme est à jonctions non cinématiques. »

De là, les deux grandes divisions de l'ouvrage, désignées comme première et deuxième parties, et qui traitent l'une des mécanismes à jonctions cinématiques, l'autre des mécanismes à jonctions non cinématiques.

Les mécanismes de la première partie sont eux-mêmes répartis en trois sections suivant que les jonctions se font par contact direct, par liens rigides, ou par liens flexibles.

Les jonctions de la première section comprennent les engrenages des diverses sortes (cylindriques, coniques, hyperboloïdiques,...) et les trains qu'ils servent à constituer, les courbes roulantes, les cames et excentriques; ceux de la seconde, les roues accouplées, les joints, les systèmes articulés; ceux de la troisième, les transmissions par chaînes dont la théorie prépare, au reste, celle des mécanismes à courroies, rejetée plus loin.

La seconde partie, très sensiblement moins développée que la première, ainsi que de raison, se subdivise elle-même en trois sections respectivement consacrées aux jonctions fonctionnant par frottement (roues et cônes à friction, courroies), aux appareils non fondés sur le frottement (jonctions par fluides), enfin aux dispositifs destinés à la modification du mouvement (embrayages, encliquetages...).

Un dernier et court chapitre, qui n'est pas le moins curieux du livre, est réservé à la question des automates qui a cessé de passionner le public comme elle le faisait au XVIIIe siècle, mais qui n'a pas laissé d'influer sensiblement sur les progrès réalisés dans la construction des divers mécanismes.

L'exposé de M. Jacob, à la fois très clair et complet, est de nature à fournir tous les renseignements dont peuvent avoir besoin ceux qu'intéresse à un titre quelconque l'utilisation pratique des mécanismes. On doit y distinguer, d'une façon spéciale, la partie relative aux engrenages, qui occupe à elle seule plus du tiers du volume, et où toutes les questions tant pratiques que théoriques que soulèvent ces mécanismes d'un usage si courant, sont traitées avec un soin et une compétence remarquables.

PH. DU P.

XII

J.-B. J. DELAMBRE. GRANDEUR ET FIGURE DE LA TERRE. Ouvrage augmenté de notes, de cartes, et publié par les soins de G. BIGOURDAN, Membre de l'Institut. — Paris, Gauthier-Villars, 1912. Un vol. gr. in 8° de VIII, 401 pages (1).

(1) Publié en partie dans le BULLETIN ASTRONOMIQUE.

Jean-Baptiste Joseph Delambre, né à Amiens le 19 septembre 1749, était l'aîné de six enfants dont la famille vivait d'un petit commerce de draperie. Dès sa jeunesse, il se fit remarquer par son application à l'étude. Destiné à l'Eglise par sa famille, il s'adonna exclusivement aux lettres et fut connu assez longtemps sous le nom d'abbé de l'Ambre. Son compatriote Wailly, le grammairien, lui ayant obtenu une bourse au Collège du Plessis, Delambre vint à Paris, où il fortifia encore ses connaissances littéraires.

Sans ressources à la sortie du collège, il accepte peu après une place de précepteur à Compiègne, où il étudie les mathématiques pour les enseigner à son élève ; là un habile médecin de la ville lui conseilla de s'adonner à l'astronomie. Un an plus tard, en 1771, Delambre devient, à Paris, précepteur du fils de Geoffroy d'Assy, receveur général des finances. Il se perfectionne surtout dans les langues anciennes, au point d'être bientôt considéré comme un des plus habiles hellénistes de France, et avec l'étude du latin et du grec, il continue celle des mathématiques.

Vers 1780, ayant terminé son préceptorat, il se trouva maître de son temps, jouissant d'ailleurs d'une existence indépendante que lui avaient assuré la générosité et l'amitié de M. et Mme d'Assy. Il étudia l'astronomie dans les ouvrages de Lalande qu'il commenta, puis il suivit, au Collège de France, les cours de cet astronome, dont il fit la connaissance le 10 décembre 1782. A partir de cette époque il ne cessa de s'occuper d'astronomie. En 1788, M. et Mme d'Assy lui firent construire, dans leur maison de la rue du Paradis, un observatoire qui existe encore, et où Delambre fit de nombreuses observations.

Reçu à l'Académie des sciences le 15 février 1792, il fut appelé à prendre part à la mesure de la méridienne. Cette mission nous valut un ouvrage célèbre dont l'auteur lui-même nous donne ici une analyse fort détaillée, particulièrement intéressante (pp. 199-304), la *Base du système métrique décimal, ou mesure de l'arc de méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et de Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes, par MM. Méchain et Delambre.* Rédigée par M. Delambre (Paris, 1806, 1807 et 1810, 3 vol. in 4°). Lorsque Delambre présenta cet ouvrage à Napoléon, l'Empereur lui dit : « Les conquêtes passent, et ces opérations restent. » Ce compliment paraît avoir touché profondément Delambre, car il l'a couché en épigraphe sur son exemplaire de l'ouvrage. M. Bigourdan a eu cet exem-

plaire en mains et en a utilisé les notes manuscrites ajoutées par l'auteur.

Delambre était âgé de 63 ans quand il entreprit son histoire de l'astronomie. Il eut le temps d'en publier de son vivant cinq volumes (in-4°) : *Histoire de l'Astronomie Ancienne* (Paris, 1817, 2 vol.) ; *Histoire de l'Astronomie au Moyen-Age* (Paris, 1819, 1 vol.) ; *Histoire de l'Astronomie Moderne* (Paris, 1821, 2 vol.). A sa mort, il laissait encore deux volumes en manuscrit, l'*Histoire de l'Astronomie au XVIIIe siècle,* publiée en 1827, par L. Mathieu (Paris, in-4°) et l'*Histoire de la mesure de la Terre,* publiée enfin aujourd'hui, après bientôt un siècle d'attente, par M. Bigourdan, sous le titre adopté par l'auteur : *Grandeur et figure de la Terre.*

Le manuscrit de ce dernier volume est contenu dans une chemise portant cette indication écrite par L. Mathieu : *Figure de la Terre. Manuscrit sur lequel M. Delambre paraît avoir fait sa copie définitive.* Ses dimensions sont de $0^m25 \times 0^m20$. Il se compose de 63 feuillets doubles, c'est-à-dire chacun de 4 pages, détachés les uns des autres, écrits recto et verso, et numérotés 1 à 63. En outre, quatre autres feuillets, simples ou doubles, ont été ajoutés après coup.

Le style du manuscrit est assez souvent négligé. « Parfois, dit M. Bigourdan, j'ai dû le modifier par l'addition de certains mots que l'on a généralement placés entre [ ] ou entre ( ). On a aussi ajouté la ponctuation, ordinairement absente, et rectifié certaines citations en remontant aux sources. L'orthographe est parfois incertaine ; j'ai adopté celle de l'époque ou celle de la *Base du système métrique.* Enfin les exigences typographiques ont souvent obligé de modifier la disposition de certains tableaux. Mais tous ces changements ont été faits avec grande réserve, de manière à bien conserver à l'œuvre son caractère propre.

» Des notes que nous avons ajoutées aux bas des pages sont distinguées par la signature G. B., sauf celles qui ont été tirées de l'exemplaire de la *Base du système métrique* annoté par Delambre. Enfin nous avons ajouté des cartes, qui manquent totalement dans le manuscrit.

» Delambre paraît avoir eu l'intention de diviser cet ouvrage en *Livres,* mais il ne réalisa pas ce projet, et il en résulte un défaut de clarté. Nous avons tâché de remédier à cet inconvénient par l'addition de deux tables détaillées, l'une méthodique, l'autre alphabétique.

» Dans cet ouvrage, pour la composition duquel Delambre avait une compétence spéciale, l'auteur a suivi la même marche que dans ses précédents ouvrages historiques. Les livres et mémoires relatifs au sujet traité sont tous passés en revue, autant que possible dans l'ordre chronologique et analysés d'une manière très serrée, très profitable au lecteur, mais qui parfois pourrait faire attribuer à l'auteur une sévérité exagérée, si tous ceux qui l'ont approché ne nous le peignaient comme essentiellement bon. »

Le lecteur se ralliera pleinement à ce jugement et il y a peu de chose à y ajouter, si ce n'est peut-être une remarque, à propos du reproche fait à Delambre, par M. Bigourdan, de manquer parfois de clarté dans la composition.

Ce défaut de clarté, très frappant dans une première lecture, est cependant, semble-t-il, plutôt apparent que réel. Il n'est d'ailleurs guère plus accentué dans ce volume que dans les précédents et la lumière se répand aisément sur le texte par les mêmes moyens.

Delambre eut une manière à lui de concevoir et d'écrire l'histoire. Il faut probablement l'attribuer aux circonstances où il fut amené à étudier l'astronomie. On l'a vu dans la petite notice biographique empruntée à M. Bigourdan, transcrite en tête de ce compte rendu, il avait abordé l'astronomie fort tard et sans maître. S'il suivit au Collège de France quelques leçons de Jérôme de Lalande, Delambre fut cependant, en fait, un autodidacte, ayant acquis presque toute sa science par la lecture. Mais helléniste et latiniste hors de pair, il n'hésite pas plus à lire dans leur langue originale les astronomes anciens que les modernes. D'autre part, s'il les étudie, c'est souvent moins dans un but à proprement parler historique, que pour voir, comme astronome, si leurs ouvrages lui apprendront encore quelque chose. De là, en fermant le volume qu'il vient de parcourir, les réflexions de ce genre si fréquentes sous sa plume : « Voilà un livre devenu tout-à-fait inutile » ; ou bien : « l'auteur ne nous apprend rien que nous ne sachions faire par des règles plus simples et plus rapides ». Il résulte naturellement de cette manière d'étudier les auteurs que l'histoire de l'astronomie de Delambre prend assez souvent l'allure d'un commentaire. Dans la *Grandeur et Figure de la Terre*, comme dans les volumes précédents, l'écrivain est clair, mais à deux conditions : avoir sous les yeux, la plume à la main, l'ouvrage qu'il « extrait » — j'emploie une de ses expressions favorites — lire cet ouvrage

comme il le lisait lui-même, non pas pour y trouver une jouissance archéologique, dirai-je, mais pour découvrir ce qu'aujourd'hui encore l'ouvrage peut enseigner de neuf. Mais quel guide incomparable que Delambre quand on a recours alors à ses lumières!

Le livre VI de la *Grandeur et Figure de la Terre* échappe cependant à cette observation. Delambre, sous couleur de faire le résumé et d'« extraire » sa *Base du système métrique décimal*, nous raconte l'histoire de la troisième mesure méridienne de France. Quittant le rôle d'analyste, il fait de fréquents appels à ses souvenirs, pour nous donner par moments de vrais mémoires. C'est tout ce qu'il y a d'intéressant.

Faut-il le faire remarquer? Dans tout le cours du volume on retrouve la plume fine, caustique, parfois gouailleuse, jamais cependant fort méchante à laquelle l'auteur nous a habitués.

Exemples : A propos de *La Figure de la Terre déterminée par les Observations de MM. Bouguer et de la Condamine :* « Les réflexions et les conséquences de Bouguer sont fort justes, mais il se persuade trop aisément que, parce qu'elles sont nouvelles pour lui, elles doivent être ignorées de tous les astronomes. »

Et après avoir relevé quelques maladresses dans *la Grandeur et la Figure de la Terre*, par J. Cassini : « Dans les recherches délicates entreprises avec des moyens insuffisants, quand on a d'avance un parti arrêté sur une question, dans le choix d'observations dont aucune n'est sûre, l'homme le plus droit est insensiblement conduit à adopter tout ce qui favorise son opinion, à rejeter tout ce qui paraît contraire, à trouver une raison spécieuse pour autoriser une correction qui explique une anomalie, enfin à recommencer l'épreuve jusqu'à ce qu'il trouve ce qu'il a désiré; et il lui est presque impossible de tenir la balance bien égale. »

N'est-ce pas peint sur le vif?

J'en passe et des meilleures.

Pour terminer voici la liste des ouvrages analysés. La division en livres et les titres de ces livres, très utiles pour s'orienter dans le volume, sont dus à M. Bigourdan. Quant aux titres des ouvrages analysés eux-mêmes, je les transcris ici tels que les donne Delambre, sans chercher à les compléter, ni à les rectifier en recourant aux originaux.

I. Première mesure de la méridienne de France.

De la Grandeur et de la Figure de la Terre par J. Cassini (Suite des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année

1718). A l'occasion de cet ouvrage, Delambre en analyse quelques autres, notamment : l'*Examen désintéressé*, par Maupertuis ; la dissertation sur *La variation du thermomètre, la forme du globe terrestre,* etc. par Jacques Roubaix (Leyde, 1719).

II. Première mesure de l'Arc de Laponie.

La Figure de la Terre, déterminée par les observations de MM. de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, de l'Académie des sciences, de M. l'abbé Outhier, correspondant, accompagnés de M. Celsius, professeur d'astronomie à Upsal... par M. de Maupertuis, Paris, Imprimerie Royale, 1738.

Cet ouvrage a une suite : le *Degré du méridien entre Paris et Amiens*, par les mêmes Académiciens. L'abbé Outhier fit en outre paraître en 1744 une relation de son voyage sous le titre de *Journal d'un voyage au Nord en 1736 et 1737*, volume in-4°, de 238 pages.

Ces deux volumes sont analysés ici, parce qu'ils se rattachent à la *Figure de la Terre,* par Maupertuis.

III. Deuxième mesure de la méridienne de France.

La méridienne de l'Observatoire royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du royaume par de nouvelles observations, pour en déduire la vraye grandeur... par M. Cassini de Thury... (suite des Mémoires de l'Académie royale des sciences, année 1740, Paris 1744).

Le 16 juin 1756 Lemonnier lut à l'Académie un mémoire qu'il fit paraître en 1757 sous le titre de *Premières observations, faites par ordre du Roi, pour connaître la distance terrestre de Paris à Amiens.*

IV. Première mesure de l'Arc du Pérou.

La Figure de la Terre, déterminée par les observations de MM. Bouguer et de La Condamine... avec une Relation abrégée de ce Voyage... par M. Bouguer, Paris, 1749.

Journal du Voyage, fait par ordre du Roi, à l'Équateur, servant d'introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du méridien, par M. La Condamine, Paris, 1751.

Copie d'une *Note originale de Bouguer, La Condamine et Godin,* publiée ici par Delambre.

Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral, etc., par M. La Condamine.

Justification des Mémoires de l'Académie pour 1744 et du Livre de la Figure de la Terre, sur plusieurs faits qui concernent les opérations des Académiciens, par Bouguer. 1752.

Supplément au journal de l'Équateur, servant de réponse à quelques objections, par M. La Condamine, Paris, 1752.

*Lettre à M. ***.* Publiée en 1754, par Bouguer

Voyage historique de l'Amérique méridionale fait par ordre du Roi d'Espagne, par don George Juan... et don Antonio de Ulloa... Et les Observations Astronomiques et Physiques faites pour déterminer la Figure et la Grandeur de la Terre. Amsterdam et Leipsig, 1752, 2 vol. in-4°.

V. Mesures de divers degrés de 1750 à 1780.

1. Degré de Rome. *De litteraria expeditione per pontificiam ditionem ad dimitiendos duo meridiani gradus... jussu et auspiciis Benedicti XIV. P. M. suscepta a patribus Societatis Jesu Christophoro Maire et Rogerio Josepho Boscovich*, Rome 1755. Une traduction française de cet ouvrage parut à Paris en 1770.

2. Degrés de Vienne et de Hongrie. *Dimensio graduum Meridiani Viennensis et Hungarici.* Vindobonae, 1770. Par le P. Joseph Liesganig de la Compagnie de Jésus, né à Gratz le 12 février 1719, mort à Lemberg le 4 mars 1799.

3. Degré de Turin. *Gradus Taurinensis*, 1774, par le P. Beccaria des Écoles pies.

4. *Degré de Pensylvanie,* mesuré en 1764-1768, par Charles Mason et Jérémie Dixon.

VI. Troisième mesure de la méridienne de France.

Dans ce livre, le plus intéressant du volume, Delambre analyse, nous l'avons dit, sa *Base du système métrique décimal.* Il y raconte en outre la prolongation de la méridienne de France jusqu'à Greenwich, d'après les opérations du général Roy.

VII. Mesures de degrés après 1800.

Exposition des opérations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc de méridien en 1801, 1802 et 1803, par MM. Ofverbom, Svanberg, Holmquist et Palander. Rédigée par Jons Svanberg... publiée par l'Académie royale des sciences de Stockholm, 1805.

Exposé des opérations faites en France, en 1787, pour la jonction des Observatoires de Paris et de Greenwich, par MM. Cassini, Mechain et Le Gendre, Paris.

An account of the operations carried for accomplishing a trigonometrical Survey of England and Wales, from the commencement in the year 1784 to the end of 1796. By captain William Mudge and Isaac Dalby. En 3 volumes parus en 1799, 1801 et 1811.

Degrés mesurés dans l'Inde, par le major William Lambton. Publié dans les ASIATIC RESEARCHES, t. 8, 1808.

On le voit, la *Grandeur et Figure de la Terre* a tout l'intérêt des autres travaux de Delambre relatifs à l'histoire de l'astronomie, dont elle formera désormais le 7e volume. En l'éditant, M. Bigourdan nous a donné l'une des œuvres les plus importantes qui se soient publiées en France sur l'histoire des sciences depuis un siècle.

H. BOSMANS, S. J.

XIII

O. D. CHWOLSON. TRAITÉ DE PHYSIQUE, ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande par E. DEVAUX. Deuxième édition française, entièrement refondue et considérablement augmentée par l'auteur, avec des additions et des notes par E. COSSERAT et F. COSSERAT. Tome premier, premier volume. *Introduction, Mécanique, Méthodes et Instruments de mesure.* Un vol. in-8° de XVII-515 pages, avec 229 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann et Fils, 1912.

Nous avons annoncé, au moment de leur publication, les fascicules de la première édition française de ce *Traité de Physique,* inaugurée en 1908. Elle n'a pas paru entièrement que déjà le tome premier en est à sa seconde édition. Ce n'est point une simple réimpression qu'on nous offre, mais un travail revu et enrichi surtout dans sa partie Mathématique.

Voici les paragraphes principaux notablement augmentés ou entièrement rédigés par les auteurs de cette seconde édition française :

PREMIÈRE PARTIE. *Introduction.* Quelques propositions de Mathématique : mesure des angles plans et des angles solides ; courbure d'une courbe plane ; courbure et torsion géométrique d'une courbe plane ; courbure d'une surface courbe. — Vecteurs.

DEUXIÈME PARTIE. *Mécanique.* Accélération du mouvement curviligne. Hodographe d'Hamilton. — Mouvement hélicoïdal. Degrés de liberté d'un corps invariable. Coordonnées générales.

De la force. Composition d'un système de forces quelconques. Théorèmes généraux sur le mouvement d'un système matériel quelconque.

Travail et Énergie. Travail. — Le principe des vitesses virtuelles. — Les équations de Lagrange. L'interprétation cinétique de l'énergie potentielle. — La forme hamiltonienne des équations du mouvement. Le mouvement de l'énergie. — Les principes de Maupertius et d'Hamilton. La méthode de l'action variable.

Mouvement vibratoire harmonique. Composition d'un nombre quelconque de mouvements vibratoires harmoniques de même période T, mais ayant des directions différentes dans l'espace. — Mouvements vibratoires amortis. Mouvements vibratoires forcés. Résonance. Mouvements apériodiques. — Le développement de Fourier. Le noyau du développement. Les fonctions orthogonales.

Propagation des vibrations par rayonnement. L'action de propagation. Les surfaces d'égale action d'Hamilton. — Propriétés des systèmes de rayons rectilignes. — (A propos du principe de Doppler) les transformations de W. Voigt et de H. A. Lorentz. Premières notions sur la théorie de la relativité.

Éléments de la théorie du potentiel newtonien. L'équation de Laplace. — La formule de Green. — Attraction des ellipsoïdes. — Développement en série du potentiel newtonien. Les systèmes de fonctions orthogonales de Legendre et de Laplace.

Troisième partie. *Instruments et Méthodes de mesure.* Loi des erreurs accidentelles d'observation.

J. T.

XIV

Principes de la Technique de l'Éclairage, par L. Block. Traduit par G. Roy. — Bibliothèque de l'Élève-Ingénieur. Un vol. in-8° de 183 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Les lampes électriques, par H. Pécheux. Encyclopédie des Aide-mémoire. 1 vol. in-8° de 186 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

1. Jusqu'en ces derniers temps, la question de la production d'un éclairage donné était résolue par des présomptions empiriques et peu exactes, obligeant à assurer l'obtention d'un éclairement exigé par un excès de lumière.

M. Block, synthétisant les recherches isolées qui avaient pour but d'introduire un peu de précision dans les notions se rappor-

tant à l'éclairage, a su édifier une théorie rigoureuse et satisfaisante de l'éclairement.

Les unités et les notations étant définies, il indique les procédés de mesure de l'intensité lumineuse d'une source dans diverses conditions. Il aborde ensuite l'étude critique de l'éclairement : éclairement des rues, des intérieurs, couleur de la lumière, etc.

Les chapitres suivants sont consacrés au calcul et à la mesure des éclairements. Les applications fréquentes aux problèmes pratiques et journaliers rangeaient tout naturellement cette étude dans l'excellente « Bibliothèque de l'Élève-Ingénieur ».

II. Tous ceux qu'intéresse le problème de l'éclairage électrique trouveront dans cette monographie l'exposé détaillé et pratique de l'étude des sources de lumière. On y définit et on y mesure les constantes électriques calorifiques, lumineuses, rendement, durée des lampes à incandescence et à arc. Les principaux types jusqu'aux plus récents sont passés en revue et analysés. Un chapitre est consacré aux lampes à arc dans le vide, types Cooper-Hewitt, Moore, lampe au néon, etc. Leur théorie est encore peu explorée et on peut attendre, des recherches orientées dans cette voie, la réalisation de la lumière idéale.

F. W.

XV

Notions fondamentales d'analyse qualitative par V. Thomas, Professeur-adjoint à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, et D. Gauthier, Chef des travaux de Chimie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand. — Un vol. in-8° de viii-331 pp. avec une planche. Paris, Gauthier-Villars, 1912.

C'est en général une tâche assez ingrate que de rendre compte d'un nouveau traité de Chimie analytique, surtout qualitative. Chaque année, en effet, on en voit paraître plusieurs, et la plupart présentent une telle ressemblance avec leurs devanciers, que la moindre critique qu'on puisse leur adresser est celle d'être d'une utilité très problématique.

Le présent ouvrage ne mérite pas ce reproche. Alors que la plupart des manuels d'analyse qualitative poursuivent le seul but d'enseigner comment on peut reconnaître le plus rapidement

la nature des éléments dont se compose une substance donnée, le livre de MM. Thomas et D. Gauthier veut avant tout former l'élève et lui fournir les connaissances nécessaires pour *comprendre* d'abord et *appliquer* ensuite les méthodes et les transformations employées en Chimie analytique.

Le manuel a trois parties principales : La première étudie les méthodes générales de travail et le matériel nécessaire aux opérations de la Chimie analytique ; la seconde traite des caractères des sels en examinant d'abord les métaux et ensuite les acides. La troisième partie donne l'analyse proprement dite, en exposant d'abord les méthodes de séparation des métaux et des acides, et ensuite la marche méthodique à suivre. C'est, on le voit, la division habituelle adoptée par les livres de ce genre.

Dans la première partie, après avoir exposé avec beaucoup de méthode et de netteté les opérations analytiques de la voie sèche et de la voie humide, les auteurs consacrent deux chapitres spéciaux aux recherches microscopiques et spectroscopiques. Ces deux méthodes sont ordinairement trop négligées dans les manuels semblables, et nous devons être reconnaissants aux auteurs d'avoir fait entrer ces deux genres de recherches, souvent d'une grande utilité, dans le cadre de leur livre. Mais s'il nous est permis d'exprimer toute notre pensée, nous regrettons que ces deux chapitres n'aient pas reçu un développement plus étendu et n'aient pas revêtu un caractère plus pratique. Pour préciser, prenons le chapitre III qui traite des méthodes microscopiques. Quatre pages seulement sont consacrées à cette étude, dont une entière rappelle la théorie du microscope. Évidemment l'élève qui aborde la chimie analytique a déjà suivi un cours de physique et par conséquent étudié en détail le microscope. Est-il donc bien nécessaire de décrire ici la formation de l'image dans le microscope ? — Par contre, la remarque que dans ce genre de travaux il est préférable d'obtenir le grossissement plutôt en renforçant l'oculaire qu'en employant un objectif plus puissant est assez importante, parce qu'en beaucoup d'autres recherches microscopiques il est préférable d'agir de la manière contraire. Nous comprenons que les auteurs aient renoncé à exposer les recherches à la lumière polarisée, malgré les avantages réels que cet examen peut offrir : la plupart des élèves que MM. Thomas et D. Gauthier ont en vue étant insuffisamment instruits à cet égard, il aurait été nécessaire de donner à cette partie un développement absolument trop considérable. Mais n'aurait-il pas été opportun de donner plus d'indications pra-

tiques pour l'examen microscopique ? On décrit avec force détails les brûleurs, les étuves, les appareils à filtrer, etc. ; n'aurait-il pas été utile d'indiquer quel genre de microscopes convient spécialement pour les recherches chimiques ? d'en indiquer les dispositions essentielles et désirables ? de donner plus de détails sur la manière d'opérer ? Une figure avec légende aurait rendu, nous semble-t-il, plus de services que les figures d'un entonnoir ordinaire ou d'autres instruments aussi connus que celui-ci.

Des remarques semblables pourraient être faites au sujet du chapitre suivant, traitant de l'analyse spectrale. Du reste, toute cette première partie du livre nous semble un peu trop théorique et aurait gagné notablement si l'on avait eu recours plus fréquemment aux exemples. Comme l'élève qui aborde la chimie analytique est censé connaître au moins les principes de la chimie générale, il n'eût pas été difficile d'en trouver. Les pages 10, 40 et d'autres seraient moins abstraites et plus accessibles aux élèves, si l'on avait eu davantage recours à ce moyen.

Dans la seconde partie de leur livre — qui, à notre avis, est la meilleure — MM. Thomas et D. Gauthier étudient les caractères des sels, ou plutôt les caractères des bases et des acides. Si l'élève étudie bien cette partie, non seulement théoriquement, mais surtout pratiquement, au laboratoire, nul doute qu'il échappe à beaucoup d'ennuis et de difficultés en abordant ensuite la troisième partie du manuel, l'analyse proprement dite.

La marche proposée est celle généralement suivie. Nous approuvons les auteurs quand ils suppriment l'examen d'une substance ne renfermant qu'un seul élément : les inconvénients qui, d'après eux, résultent d'une pareille méthode sont réels. Toutefois cette suppression ne pourra se faire sans difficulté que si l'élève a, par une étude sérieuse et pratique, acquis une connaissance parfaite des caractères des substances, en d'autres terme, s'il possède théoriquement et surtout pratiquement la seconde partie du livre. S'il en était autrement, l'examen d'une substance ne contenant qu'un seul élément à rechercher aurait sa grande utilité.

En terminant, nous ne pouvons assez recommander les *Notions fondamentales d'analyse qualitative* de MM. Thomas et D. Gauthier. C'est vraiment un livre didactique qui *forme* les élèves et les initie à la science chimique. Il ne se contente pas de

donner quelques tableaux synoptiques pour la marche de l'analyse et de les expliquer, c'est un livre vraiment scientifique.

H. D. G.

XVI

Tables annuelles de Constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Techinologie, publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies, par le Comité international nommé par le VIIe Congrès de Chimie appliquée (Londres, 2 juin 1909). Avec la collaboration de S.-L. Archbutt (Teddington), W. Biltz (Clausthal), M. Bodenstein (Hannover), M. Boll (Paris), E. Bontoux (Marseille), F. Bourion (Paris), L. Bruninghaus (Paris), C. Chéneveau (Paris), H. Colin (Paris), G. Darzens (Paris), P. Dutoit (Lausanne), G. Fiek (Gross-Lichterfelde), H. Gaudechon (Sèvres), H.-B. Hartley (Oxford), W. Hinrichsen (Berlin), A. Mahlke (Hamburg), R. Marquis (Paris), Michaud (Paris). J. Nannan (Paris), E. Nusbaumer (Loncin-lez-Liége), M. Pier (Berlin), A.-W. Porter (London), A. Portevin (Paris), V. Rothmund (Prag), H. Rost (Paris), J. Saphores (Paris), O. Scheuer (Genève), J.-L. Spencer (London), Th. Strengers (Utrecht), E. Terroine (Paris), N.-T.-M. Wilsmore (London).

Commission permanente du Comité international : Prof. B. Bodenstein (Hannover), Prof. G. Bruni (Padova), Prof. Ernst Cohen (Utrecht), D^r Ch. Marie (Paris), Dr N.-T.-M. Wilsmore (London). — *Secrétaire Général :* Ch. Marie. — Volume I. Année 1910. Un volume in-4° de xxxix-727 pages. Paris, Gauthier-Villars ; Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. ; London, J. A. Churchill ; Chicago, University of Chicago Press. 1912.

Tous ceux qui, à un titre quelconque, pour des recherches ou des applications, utilisent les constantes et les valeurs numériques appartenant aux sciences physiques ou chimiques, savent avec quelle difficulté ils peuvent se procurer les données nécessaires, ou même savoir qu'elles ne sont pas connues.

La bibliographie ordinaire est, en effet, impuissante quand il s'agit de retrouver un nombre qu'une circonstance toute fortuite peut avoir incité un auteur à déterminer. Les Tables existantes (Landolt-Bornstein, Castell-Evans, Smithsonian-Tables, etc.), quelque complètes qu'elles soient, quelque somme de travail

qu'elles représentent, sont nécessairement incomplètes ; nous devons reconnaître les services qu'elles rendent quotidiennement dans les laboratoires, mais nous devons également ajouter qu'elles ne donnent pas la solution du problème qui, sous sa forme la plus générale, peut se formuler ainsi : *donner à tous ceux qui s'occupent de Chimie, de Physique ou des sciences annexes, tant au point de vue théorique qu'au point de vue technique, la certitude que tout nombre, présentant un intérêt possible, peut être retrouvé sans difficulté.*

La solution d'un tel problème exige le dépouillement méthodique de tous les périodiques et publications quelconques, susceptibles de contenir des données intéressantes ; elle exige également la publication, aussi fréquente que possible, de tous ces documents.

Les *Tables annuelles* ont été publiées pour répondre à ce besoin ; le premier volume contient tout ce qui a été publié au cours de l'année 1910. Plus de 300 périodiques ont été examinés par les collaborateurs du Comité international, et les données ainsi rassemblées ont été réunies en Tableaux par des rédacteurs spécialistes.

Nous ne croyons pas qu'il soit utile d'insister sur l'importance d'un tel ouvrage, et le succès obtenu par la souscription avant publication a montré qu'il venait à son heure, aussi bien dans les milieux techniques que dans les milieux de la Science pure.

Faut-il insister, en outre, sur le prix extrêmement réduit (broché, 27 francs ; relié, 30 francs) auquel le volume est vendu ? Cette modicité, voulue par le Comité international désireux de faciliter la diffusion des *Tables annuelles,* frappera certainement le lecteur qui, pour s'en convaincre, n'aura qu'à comparer le prix de ce volume avec ceux d'ouvrages analogues français ou étrangers.

X.

XVII

Jean Mascart, astronome à l'Observatoire de Paris. Impressions et observations dans un Voyage a Ténériffe. Illustré de 212 reproductions d'après les photographies de l'auteur. Un vol. in-8° de 366 pages (1). — Paris, Ernest Flammarion (sans date).

(1) Imprimé par la Société Languedocienne de Géographie.

Beau livre, richement illustré. Le voyage à Ténériffe, dont fit partie M. Mascart, était une mission scientifique organisée sous les auspices de l'Association internationale contre la tuberculose. Le programme de l'expédition, largement conçu, comportait l'étude de toutes les radiations qui traversent l'atmosphère terrestre. Bien entendu, la plus grande partie des recherches dépendait d'un ordre physiologique ; mais, comme l'occasion était favorable, les organisateurs avaient prié M. Mascart de venir étudier la comète de Halley dans une station du pic de Ténérife, et de rechercher, par la même occasion, si les conditions climatériques de l'île se prêteraient à des observations régulières aux points de vue météorologique, physique et astronomique.

En tant que station de montagne, l'île de Ténériffe offre une situation très favorable. Dans la plaine basse, la température oscille entre 18° la nuit et 24° le jour, climat qui convient parfaitement aux malades et aux convalescents ; puis, immédiatement, sans transition, se dresse à l'altitude de 3700 mètres le Pic de Teyde, dominant directement la mer, tout comme le Mont Blanc domine les vallées environnantes. Très facilement accessible toute l'année, le Pic, entre 1000 et 1500 mètres, est entouré normalement d'un banc de nuages, tandis qu'au sommet on jouit d'un ciel presque inaltérable. Au point de vue médical et physiologique, le Pic se prête facilement à toutes les observations dont les facteurs principaux sont le Soleil et l'altitude.

M. Mascart, nous l'avons dit, s'était joint à l'expédition pour étudier la comète de Halley au voisinage de son périhélie. Dans ce but, il établit un campement sur le mont Guajara, à 2715 mètres d'altitude, sommet le plus élevé de l'île après le Pic de Teyde. Piazzi Smith y fit ses études spectroscopiques, en 1858.

Placé au-dessus de l'étroite ceinture normale des nuages de l'île, l'astronome a partout à sa disposition l'horizon de la mer, sauf un peu au N.-O. vers le pic principal. Il voit le Soleil de son lever à son coucher. Rarement, soit le jour, soit la nuit, les cirrus entravent ses observations. Une seule fois, pendant les deux mois de séjour de M. Mascart sur la montagne, les nuages ont caché le ciel ; mais en revanche le vent l'empêcha plusieurs fois d'utiliser les instruments en plein air.

« A côté des observations scientifiques proprement dites, il a paru intéressant à l'auteur de résumer quelques notes sur le pays au point de vue du pittoresque, et sur les habitants des îles qui constituaient une race belle et sympathique. »

Cette phrase de l'*Introduction* caractérise bien, me semble-t-il, le volume. M. Mascart écrit un récit de voyage, dans lequel il s'adresse en dilettante plutôt aux lecteurs intelligents de toute catégorique, qu'aux astronomes de profession et aux spécialistes. Par moments, l'astronomie reprend bien quelque peu une place prépondérante ; mais loin d'en faire un grief à l'auteur, le lecteur s'y attend et lui en sait gré. D'une lecture facile et agréable, le volume est instructif.

H. B.

XVIII

La Sismologie moderne. Les tremblements de terre, par le Comte de Montessus de Ballore, Directeur du Service sismologique de la République du Chili. Un vol. in-8° de xx-284 pages, 64 figures et cartes, dont 16 planches de reproductions photographiques et 2 cartes hors texte. — Paris, Armand Colin, 1911.

Volcans et Tremblements de terre, par A. de Lapparent, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Un vol. in-8° de 376 pages, 76 figures. — Paris, Bloud et Cie, 1912.

I. Les habitués des Conférences de la *Société scientifique*, les lecteurs de sa Revue et de ses Annales ont pu apprécier la science profonde et la vaste érudition de M. de Montessus ; tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent à la sismologie ont lu ses ouvrages et savent qu'ils ont placé leur auteur non seulement à la tête des sismologues français — qui sont plutôt rares — mais au premier rang des spécialistes qui, en Europe, en Amérique et en Extrême-Orient, s'occupent des tremblements de terre.

Notre savant collègue achevait de publier dans nos Annales son beau mémoire sur les *Relations géologiques des régions stables et instables du nord-ouest de l'Europe* (1), quand le Gouvernement Chilien, ayant à choisir entre plusieurs spécialistes éminents, lui offrit d'organiser sur son territoire et de diriger un réseau de stations sismologiques, devenu une des merveilles du genre.

C'est de sa nouvelle patrie que M. de Montessus adresse aux

(1) Annales de la Société scientifique de Bruxelles, t. XXVII, 1902-1902, 2le partie, p. 1, et t. XXX, 1905-1905, 2le partie, p. 1.

lecteurs de langue française le livre dont nous venons de transcrire le titre. Le grand public pour qui il est écrit y trouvera un corps de doctrine vraiment scientifique où sont exposées et discutées, sous une forme concise et à la fois très claire et absolument rigoureuse, les questions principales qui se posent à propos des tremblements de terre.

Voici en quels termes l'auteur lui-même, dans la préface, précise l'objet de son livre et en indique l'esprit (1) :

« On peut... distinguer une Sismologie historique, une Sismologie géographique et géologique, une Sismologie physique, mathématique et mécanique, enfin une Sismologie architectonique.

» De la Sismologie historique, il ne sera pas parlé ; aussi bien une description de quelque grand tremblement de terre ne ferait que s'ajouter aux innombrables et excellentes relations déjà faites, et quel homme cultivé n'en a lu plusieurs? La Sismologie architectonique, le chapitre le mieux assis peut-être, en dépit des apparences, sera tout juste développé dans la mesure nécessaire pour démontrer que la presque totalité des dommages sont dus à l'incurie de l'homme et qu'il lui est parfaitement loisible de les éviter par des moyens maintenant bien élucidés dans tous leurs détails. Restent donc, comme matière principale, la Sismologie géologique et la Sismologie physique : la première nous fera toucher du doigt la cause des tremblements de terre et nous fera assister aux brusques mouvements qui ont accompagné et accompagnent encore les vicissitudes du relief terrestre; la seconde nous fera analyser le très intéressant état vibratoire presque permanent de la masse terrestre; et comme les vibrations d'un corps dépendent de sa constitution moléculaire et de ses propriétés physiques particulières, dureté, densité, élasticité, celles de la terre soumises à cette investigation fourniront des lumières sur l'état interne du globe, maintenant accessible au Sismographe...

» Dans ce champ limité de la sorte, aurons-nous la prétention de tout expliquer ? Assurément non ! Nous nous abstiendrons soigneusement des hypothèses faciles qui servent seulement à encombrer les bibliographies, et nous nous baserons uniquement sur les observations bien faites, sans aller jamais au delà des déductions légitimes. C'est qu'une science n'est jamais définitivement constituée, à mesure que les ouvriers de la dernière

(1) *La Sismologie moderne*. Préface, p. XII.

heure soulèvent un coin du voile qui nous cache le mystère d'un phénomène naturel, l'horizon s'élargit et successivement se posent de nouveaux problèmes dont la solution, à peine est-elle entrevue, se répercute immédiatement sur ceux que l'on croyait résolus... »

L'étude du mouvement sismique suit cette « marche asymptotique vers la vérité ».

« Considéré au début comme un simple mouvement ondulatoire ou vibratoire, il a fallu successivement et par deux fois déjà dédoubler cette conception, tellement bien que si, maintenant, nous distinguons au moins quatre espèces d'ondes différentes, nous entrevoyons que, selon toute probabilité, il en existe d'autres résultant des divers chemins parcourus avant qu'elles n'arrivent à se faire enregistrer par les appareils sismographiques ; en un mot nous ne connaissons encore qu'une faible fraction du spectre des vibrations sismiques.

» Passant à un autre ordre d'idées, si, *grosso modo*, nous savons à n'en pas douter que les tremblements de terre résultent des efforts géologiques généraux qui ont élevé les montagnes, plissé, rompu et charrié les unes sur les autres les strates terrestres, en sommes-nous beaucoup mieux renseignés sur la genèse intime du phénomène sismique ? Certes non ; la solution du problème est seulement reculée et ramenée à celle du problème organique. Ce grand fait maintenant acquis par la pure observation, il faudra peut-être plusieurs générations de sismologues et de géologues pour pénétrer plus profondément le mystère, mais le point de départ de l'étape suivante n'en sera pas moins la théorie tectonique des tremblements de terre, car elle n'est entachée d'aucune hypothèse.

» Arrivera-t-on à prédire les séismes? C'est là une question à laquelle on ne saurait actuellement, même dans ces termes très généraux, donner une réponse vraiment scientifique. Au fond, cette recherche troublante a dominé la période précédente de la Sismologie. En effet, par d'innombrables statistiques, on a voulu mettre les mouvements de l'écorce terrestre en relation avec une multitude de phénomènes extérieurs à cette même écorce, phénomènes d'ordre cosmique ou météorologique, et dont la périodicité plus ou moins longue mais dûment reconnue, aurait donné la possibilité de prévoir les tremblements de terre, s'il avait existé de nettes relations de dépendance mutuelle. Tous ces efforts ont été dépensés en pure perte, et cette voie, qui est bien sans issue, continue à égarer nombre de chercheurs ;

ignorant le plus souvent qu'avant eux des prédécesseurs ont eu les mêmes idées, ils rééditent sur de nouveaux faits et péniblement des statistiques tout aussi insuffisantes et peu probantes.

» Des appareils capables, disait-on, d'annoncer à l'avance les tremblements de terre ont été construits, mais aucun n'a donné des résultats dignes de foi et la faillite de retentissantes tentatives, encore dans toutes les mémoires, n'a d'égale que l'assurance avec laquelle on s'est empressé de les lancer *urbi et orbi*...

» Ces considérations générales laissent entrevoir dans quel esprit est rédigé cet opuscule : on s'y tiendra aux faits d'observation et l'on mettra soigneusement en lumière toutes les interprétations encore discutables, se gardant des généralisations hâtives, destinées à disparaître presque aussitôt qu'énoncées. »

L'ouvrage de M. de Montessus est destiné surtout, nous l'avons dit, au grand public; mais dans aucun de ses vingt chapitres, la précision scientifique ne fléchit devant les exigences de la vulgarisation. Il s'ouvre par la description des caractères complexes des mouvements sismiques, leur étude à l'aide des sismographes, et l'exposé des résultats de cette étude quant à l'origine et à la propagation de ces mouvements. Vient ensuite la partie la plus personnelle du livre, celle qui a trait à la localisation des tremblements de terre, à la géographie sismique et à ses conséquences. Enfin, l'auteur couronne son œuvre par des considérations, brèves mais substantielles, sur l'architecture propre aux régions ébranlées.

Le lecteur désireux de développements plus complets, plus approfondis, les trouvera dans les ouvrages bien connus de M. de Montessus : *Les Tremblements de terre, Géographie séismologique,* Paris, 1907, et *La Science séismologique. Les Tremblements de terre*, Paris, 1908.

II. Au cours de sa carrière scientifique, l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, notre confrère si dévoué et si regretté de la Société scientifique, M. A. de Lapparent, n'a cessé de se préoccuper, en géologue et en géographe, des phénomènes volcaniques et sismiques. Tous les grands événements qu'ils ont provoqués, ceux surtout dont le souvenir est encore présent à toutes les mémoires, ont été pour lui l'occasion d'études magistrales dont les conférences de la *Société scientifique* et cette Revue ont largement bénéficié. D'autres publica-

tions périodiques, le CORRESPONDANT, le MOIS LITTÉRAIRE ET SCIENTIFIQUE, les ANNALES DE GÉOGRAPHIE, etc., ont partagé cette bonne fortune.

Il a suffi de réunir ces études pour composer un excellent exposé historique et un traité magistral de volcanisme et de Sismologie géologique et géographique, où sont discutées, avec l'autorité d'un maître éminent, les théories émises par les savants pour expliquer ces redoutables phénomènes.

Pour ajouter encore aux charmes de cette lecture, et pour faciliter l'intelligence des passages plus techniques, on y a joint de nombreuses illustrations qui achèvent de faire de ce livre un chef-d'œuvre de haute vulgarisation, où un art merveilleux d'exposition s'allie à la science la plus limpide et la plus profonde. Voici les titres des chapitres qui le composent :

Les Tremblements de terre. — Les Frémissements de l'écorce terrestre. — Le Vésuve et la Somma. — Le Feu central. — Le Volcanisme. — L'Étude systématique des tremblements de terre. — La Catastrophe des Antilles. — L'Éruption de la Martinique. — L'Éruption du Vésuve (1906). — Le Désastre de San Francisco. — Le Progrès des études sismologiques.

J. T.

XIX

PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES MUSCLES, par FRED. VLÈS. Un vol. in-8° de 368 pages et 13 planches hors texte. — Paris, Hermann, 1911.

L'auteur constate, dans son *Introduction*, qu'il peut paraître étrange, au premier abord, qu'il n'y ait pas eu plus de physiciens « assez curieux des phénomènes intimes de la vie pour y adapter l'emploi de leur science » (p. III), et qu'il n'y ait pas eu également « plus de biologistes pour s'intéresser aux choses de la physique au point de leur emprunter des armes nouvelles de combat ». L'explication la plus vraisemblable de ce phénomène, c'est que beaucoup de bons travailleurs ont été empêchés « de se donner l'éducation mixte par laquelle ils eussent pu se montrer utilement sous le double aspect d'un physicien et d'un biologiste » (p. IV). Or ces travailleurs à éducation mixte sont encore très rares. Il est fort à croire que le livre de Vlès n'atteindra pas beaucoup de physiciens, et cela pour la raison bien simple,

exposée par Vlès lui-même, que les physiciens, dans leur louable recherche « des précisions poussées à l'extrême » (p. III), ne seront que médiocrement attirés vers un matériel d'expériences tel que le matériel biologique, qui ne leur offre pas des produits assez « homogènes ». Restent les biologistes, à qui d'ailleurs le travail de Vlès s'adresse plus directement. Mais l'auteur pressent lui-même que pour bon nombre d'entre eux toute une partie de son livre sera sans intérêt, car il s'est, dans ce livre, laissé entraîner « à toutes sortes de problèmes annexes de Physiologie générale, et surtout de Physique pure, voire même de Mathématiques, où l'on est bien loin des fibres musculaires et même, semble-t-il, de la Biologie » (p. VI). Il est vrai pourtant que Vlès rassure un peu ceux que les problèmes mathématiques risqueraient de rebuter, en les prévenant qu'ils peuvent « sans regrets et sans craintes, sauter les quelques pages qui leur sont consacrées ». D'ailleurs, l'auteur a parfaitement raison d'ajouter : « ces questions élémentaires risquent de se présenter à chaque instant dans les problèmes de Physique cytologique, et il était nécessaire qu'on les traitât au moins une fois, même très élémentairement » (p. VI). Il faut sans doute, à ce point de vue, savoir gré à Vlès d'avoir tenu à traiter sérieusement son sujet, même au risque d'écarter certains lecteurs.

Bon nombre de pages, du reste, donneront aux histo-physiologistes purs la sensation qu'ils sont tout à fait chez eux. Telles celles où l'auteur traite la question des conditions auxquelles se rattache l'« état strié » de la fibre musculaire. Un biologiste lira sans doute aussi avec intérêt tout le chapitre III de la 5e partie, où Vlès s'enhardit à nous donner les « éléments d'une théorie de la striation » (pp. 338 et suiv.). Il n'est guère possible, à la vérité, à un biologiste, d'étudier les propriétés physiques d'un corps ou d'un système de corps, sans être tenté (et sans succomber à la tentation) de passer de la considération du phénomène à la considération de la substance ; et d'ailleurs n'est-ce pas précisément pour arriver à une connaissance plus précise de la constitution de cette substance, que le biologiste se livre à l'étude de ses propriétés physiques ? Vlès est de ceux qui ont été frappés de voir « quels puissants moyens d'investigation possède l'optique vis-à-vis des structures fondamentales de la matière » *(Introduction,* p. II) ; il était donc tout naturel qu'une étude des propriétés optiques des fibres musculaires l'amenât à formuler un essai d'explication de la structure de ces fibres, en rapport avec les propriétés observées. Au point de vue spectro-

graphique, la fibre striée diffère de la fibre lisse en ce que certaines propriétés optiques diffuses dans celle-ci, sont localisées dans celle-là. Optiquement, « *La striation consiste dans le rassemblement à des places déterminées suivant une loi topographique périodique, de propriétés pouvant exister à l'état diffus, sans localisation* » (p. 338). Mais comment expliquer la localisation optique caractéristique de l'« état strié » ? La fibre striée, répond l'auteur, « se comporte comme une fibre lisse qui aurait subi des rétractions locales d'un certain nombre de ses groupements moléculaires : les dérivées hématiques par exemple qui sont réparties généralement dans la fibre lisse, viennent se localiser exclusivement aux disques Q de la fibre striée ; il en est de même pour des dérivées sarcoplasmiques spécifiques » (p. 338). Mais on peut aller plus loin encore dans l'interprétation des phénomènes optiques musculaires : si la striation est due à la localisation, à quoi est due la localisation elle-même ? Vlès se demande s'il ne faut pas la mettre sous la dépendance de « champs de forces mécaniques de la fibre », « susceptibles de variations périodiques locales » (p. 339). Contentons-nous de porter sur cette conception le jugement fort sage formulé par l'auteur lui-même : « Il ne faut pas se dissimuler que la théorie de la striation exposée plus haut n'est évidemment pas définitive » (p. 551).

Enfin, la consciencieuse étude de Vlès paraît apporter quelques éléments sérieux de solution au problème qu'avait posé la théorie d'Engelmann sur la biréfringence : « J'ai été amené, dit modestement l'auteur dans son introduction, à critiquer... par une longue série d'expériences, la théorie célèbre d'Engelmann sur les rapports entre la contractibilité et la biréfringence, et j'ai tenté de montrer que dans les divers éléments contractiles (cils vibratiles, flagelles, etc.), il est préférable de ne pas admettre la généralité de la relation posée par le grand physiologiste » (p. v). Mais dans ses dernières conclusions Vlès est beaucoup plus rigoureux : « *Dans l'état actuel de nos techniques et de nos expériences, on ne peut impartialement considérer une substance biréfringente comme réelle et démontrée que dans les éléments myoïdes ; en dehors de ceux-ci, elle n'est pour le moment qu'une pure conception théorique* ». A. Prenant, qui accepte les conclusions de Vlès (1), se demande si ces conclusions ne per-

(1) *Problèmes Cytologiques généraux soulevés par l'étude des Cellules Musculaires*, par A. Prenant. JOURNAL DE L'ANATOMIE ET DE LA PHYSIOLOGIE, an XLVII, n° 5, pp. 449-524, septembre-octobre 1911.

mettent pas de regarder la substance musculaire comme inférieure à la substance contractile, celle-ci étant *plus vivante* que celle-là. Ce serait sans doute demander beaucoup aux propriétés optiques, que de leur faire trancher une semblable question.

Disons en terminant que le présent volume de Vlès ne peut que faire désirer la prompte publication de l'Optique musculaire cinématique annoncée par l'auteur.

L. B.

XX

Les Merveilles de la vie végétale, par A. Acloque. Un vol. in-4° (*Collection scientifique*) de v-102 pages, nombreuses figures. — Paris, Maison de la Bonne Presse, 5 rue Bayard.

Les publications que M. A. Acloque destine au grand public sont de celles qu'il convient de recommander sans réserve aux lecteurs en quête d'ouvrages de vulgarisation à la fois sérieux et intéressants, instructifs et bienfaisants. Ils trouveront dans celui-ci la substance d'un cours élémentaire de biologie végétale rendu accessible à tous. La science de l'auteur, son talent d'observation et d'exposition, son sens du pittoresque, une profonde et saine philosophie, une émotion discrète, tout concourt à l'utilité et au charme de cette évocation des Merveilles de la vie végétale.

Voici un aperçu de la table des matières : I. La nature végétale. — II. La cellule végétale. — III. Les aliments de la Plante. — IV. Rapports avec le voisin. — V. Les moyens de défense. — VI. La fleur. — VII. Perpétuation de l'espèce. — VIII. La sensibilité végétale. — IX. Les populations végétales. — X. Les bienfaits des Plantes. — XI. Variabilité de l'espèce végétale.

J. T.

XXI

International Catalogue of scientific litterature. Ninth annual issue. Harrison and Sons, London ; Gauthier-Villars, Paris ; B. Friedlander und Sohn, Berlin 1910-1912.

On sait que cette publication, continuation du *Catalogue of scientific Papers,* de la Société royale de Londres, est une table par noms d'auteurs et par sujets de la littérature scientifique publiée depuis le 1er janvier 1901. Chaque pays a entrepris la table de sa littérature : les matériaux ainsi réunis sont envoyés au *Bureau central* de Londres qui est organisé pour publier des volumes annuels contenant la réunion des documents fournis par les différents pays. Une explication de la classification et de la table est jointe à chaque volume, en allemand, en anglais, en français et en italien.

La neuvième série annuelle comprend, comme les précédentes, dix-sept volumes qui se vendent séparément. Elle renseigne surtout les travaux publiés en 1909, déborde un peu sur ceux de 1910 et utilise les indications relatives à 1901-1908, parvenues trop tard au *Bureau central* pour figurer dans les séries précédentes.

N. N.

XXII

L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Les Merveilles du corps humain, par le Dr L. Murat en collaboration avec le Dr P. Murat. Un vol. in-8° de cxxxviii-752 pages. — Paris, P. Téqui, 1912.

Dans la livraison du 20 octobre 1911 de cette Revue, page 657, nous avons signalé la troisième édition de l'ouvrage des docteurs Murat intitulé : *L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Le Firmament, l'atome, le Monde végétal.* La quatrième édition a paru depuis, et voici que vient s'y joindre un nouveau volume, *Les merveilles du corps humain,* qu'attend le même succès. Il est écrit avec la même ampleur, la même richesse de documents très bien au point et puisés aux meilleures sources, le même souci de la rigueur scientifique, et dans le même but : accumuler dans un ordre qui rend la recherche et la mise en œuvre faciles, une multitude d'indications précieuses qui permettront à ceux qui soutiennent la lutte contre le matérialisme sur le terrain scientifique de mettre en belle lumière la finalité que l'on découvre à chaque pas dans la nature.

Voici un bref résumé de la table des matières : *Introduction.* Considérations générales d'ordre historique et philosophique

sur les sciences biologiques. *Anatomie et physiologie humaines.* Ch. I et II, Le cerveau. Ch. III, Le bulbe et la moelle épinière. Ch. IV, Le cœur. Le nodule d'Arantius. Les valvules des veines. Ch. V, Le fleuve sanguin. Ce qu'il y a dans une goutte de sang. Ch. VI et VII, Phagocytes et microbes. Ch. VIII, Le Larynx. Ch. IX, L'alvéole pulmonaire. Ch. X et XI, Les reins. Ch. XII, L'appareil digestif. Le chimisme stomacal et intestinal. Ch. XIII, XIV, XV et XVI, Le foie. Ch. XVII, L'architecture osseuse. Ch. XVIII, Les articulations. Le système musculaire. Ch. XIX, XX et XXI. L'oreille. Ch. XXII à XXXI, L'œil. Ch. XXXII, Autres organes. Ch. XXXIII et XXXIV, Objections à la finalité biologique. Ch. XXXV, XXXVI et XXXVII, Les défenses de l'organisme.

L. R.

XXIII

Bibliographie économique. — Nous ne pouvons, dans ces quelques notes, songer à passer en revue le très grand nombre de publications coloniales qui ont vu le jour en 1911 et 1912, mais il convient, dans l'intérêt de ceux qui, en Belgique, s'occupent de la mise en valeur de pays coloniaux, et qui de jour en jour deviennent plus nombreux, de signaler certains ouvrages qui doivent, à des titres divers, attirer l'attention des colons, des sociétés commerciales travaillant à l'étranger et même des industriels et des commerçants belges.

I. Signalons d'abord l'ouvrage que MM. Capus et Bois viennent de publier, en collaboration, et dont on ne saurait assez conseiller la lecture.

Comme on l'a dit, cet ouvrage est le complément nécessaire de tout enseignement commercial et colonial, enseignement si nécessaire pour l'expansion de tous les pays.

Il forme une sorte d'encyclopédie des produits coloniaux ; il envisage non seulement les produits végétaux, mais passe aussi en revue animaux et minéraux.

Le non-initié ne peut guère se rendre compte des patientes recherches qu'il a fallu effectuer pour réunir dans ce volume de 700 pages, copieusement illustré, la synthèse des connaissances acquises actuellement sur les produits coloniaux, sur lesquels on a déjà tant écrit ; pour s'en convaincre, il suffira de jeter

un coup d'œil sur la bibliographie que les auteurs ont indiquée et qui est, naturellement, loin d'être complète.

Nous ne pouvons donner ici une idée du contenu de ce volume, l'espace nous permettrait à peine de faire l'énumération des produits végétaux, animaux et minéraux, étudiés avec plus ou moins de détails.

Les auteurs dont la compétence est bien connue du monde scientifique, ont rédigé leur livre ayant spécialement en vue les colonies françaises qu'ils connaissent particulièrement, y ayant tous les deux séjourné, mais ils s'occupent aussi des autres colonies ; leur ouvrage a donc une portée générale. Il est des mieux approprié aux fonctionnaires coloniaux, trop souvent peu initiés aux études de sciences naturelles et qui connaissent très peu, ou fort mal, les richesses naturelles qu'ils ont intérêt à protéger pour le bon avenir économique de la colonie (1).

II. Si dans cet ouvrage les auteurs ont passé en revue la plupart des produits d'utilité générale, M. H. N. Ridley, le directeur bien connu du Jardin botanique des Straits Settlements, a dans un travail de valeur envisageant particulièrement les colonies anglaises, étudié spécialement les épices et a réuni des considérations très utiles pour les planteurs et les agronomes des autres régions coloniales (2).

Après avoir, dans une courte introduction, examiné les conditions générales de la culture des plantes aromatiques, l'auteur passe en revue : vanille, noix de muscade et macis, clous de girofle, piments, cannelle et succédanés, poivres divers, cardamones, capsicum, coriandre et cumin, gingembre et quelques épices secondaires.

Ce travail, fruit de longues et patientes recherches, sera surtout utile pour les produits d'importance relativement accessoire, quand on les compare aux produits de consommation courante, tels que cacao et café, car justement sur des produits tels : piments, gingembre, clous de girofle et même noix de muscade, on trouve difficilement un ensemble de données judicieusement coordonnées. Ce livre est, sans conteste, destiné à rendre de grands services.

(1) G. Capus et D. Bois. *Les produits coloniaux. Origine, Production, Commerce*, 1 vol. in-18, 700 p. et 203 fig. et cartes. — Paris, Arm. Colin, rue de Mézières, 5.

(2) H. N. Ridley. *Spices*. Londres, Macmillan and C° Ltd, St-Martin street, 1 vol. in-8°, 450 p. avec fig.

Si M. Ridley s'est occupé surtout des colonies anglaises, au point de vue de leurs productions végétales, il n'est pas sans intérêt de rappeler que sur Ceylan, qui intéresse actuellement très vivement l'Europe, grâce surtout aux entreprises culturales qui se sont constituées là-bas à l'aide de capitaux européens, on a vu paraître récemment un volume d'intérêt scientifique général. Ceux qui se sentent attirés par cette intéressante région, le liront avec satisfaction.

III. Sous une forme attrayante, et en outre très bien présentée matériellement, le Dr K. Guenther, professeur à l'Université de Fribourg en Brisgovie, décrit ses impressions sur la nature tropicale et en 390 p. accompagnées d'une carte et de 107 gravures il donne une idée de tous les habitants de l'île et de leurs mœurs (1).

Dans un premier chapitre il raconte son voyage en mer, puis il examine les différences entre les paysages des régions tempérées de l'Europe et des régions tropicales pour arriver à donner une idée de la vie de l'Européen dans ces pays spéciaux.

Il nous esquisse ensuite la vie des oiseaux, des reptiles, des insectes et passe ensuite, pour leur consacrer plusieurs chapitres, aux organismes végétaux. Un paragraphe spécial est consacré à la mangrore qui attire toujours l'attention des voyageurs, un autre aux plantes de grande culture qui intéressent naturellement les commerçants au premier titre. Dans cet article nous voyons traiter le cocotier, l'aréquier, le kitul, le talipot, le musa ou bananier, l'arbre à pain, le papayer, le cannellier, le cacaoyer, le riz, le théier et le caoutchoutier.

D'autres chapitres du livre sont consacrés à l'étude du peuple, à ses grandes cités disparues et au Bouddhisme.

IV. Sous le titre de *Handbooks to the commercial resources of the tropics*, M. R. W. Dunstan, directeur de l'Imperial Institute, a commencé la publication d'une série de volumes qui seront bien faits pour faire connaître dans le grand public l'immense valeur des colonies tropicales.

Le premier des livres de cette série (2) est consacré à l'Afrique

(1) Dr K. Guenther. *Einführung in die Tropenwelt. Ergebnisse, Beobachtungen und Betrachtungen eines Naturforschers auf Ceylan*, 1 vol. in-16, 392 p., 107 fig., 1 carte. Leipzig, W. Engelmann, 1911.

(2) G. C. Dudgeon, *The Agricultural and forest products of British West Africa*, 50 Albemarle Street, London W ; Murray, 1911, 1 vol. 170 p. fig. et cartes hors texte.

occidentale, il nous intéresse donc très spécialement. Il a pour but d'exposer les données actuellement acquises sur les produits agricoles et forestiers de la Gambie, de Sierra Leone, de la Gold Coast, du pays des Ashanti et des territoires voisins, de la Nigérie du Sud et du Nord.

Dans ses divers chapitres, l'auteur, ancien inspecteur général de l'Agriculture en Afrique occidentale anglaise, a suivi le même ordre d'exposition : quelques remarques géographiques, les conditions du sol et de la culture, les produits.

Le texte de ce volume comprend plus de 160 pages et est suivi d'une table fortement détaillée et accompagné de très nombreuses gravures.

Il forme donc non seulement un ouvrage intéressant à lire, mais encore un travail documentaire auquel il conviendra de recourir. Si auteur et directeur ont désiré faire de ces « manuels » des livres destinés à tous, capables donc de faire apprécier dans la mère-patrie les colonies elles-mêmes, ils ont également eu soin, dans la sorte d'exposé « up to date » qu'ils ont présenté, de nous donner les moyens de remonter aux sources et en particulier à l'importante publication de l'Imperial Institute qui renferme de si nombreux documents.

Nous applaudissons à l'initiative de M. W. Dunstan et nous sommes persuadé qu'avec des collaborateurs tels que M. Dudgeon, nombreux d'ailleurs parmi les coloniaux anglais, il parviendra à mettre sur pied une œuvre de la plus haute portée scientifique.

V. Dans le domaine africain, signalons le compte rendu du voyage que M. Lindinger a entrepris en 1910 à Ténériffe (1).

L'auteur avait en vue spécialement l'étude du *Dracaena Draco,* cette plante si remarquable de l'île, dont les feuilles, en cas de disette, sont utilisées pour l'alimentation du bétail.

La brochure de M. Lindinger renferme à ce sujet d'intéressants renseignements, mais elle en renferme d'autres plus importants, par exemple sur la culture des bananiers. Cette culture acquiert, on le sait, de jour en jour plus d'importance dans les régions tropicales et plusieurs pays coloniaux de l'Europe continentale, par exemple la France et l'Allemagne, cherchent pour ce commerce à s'affranchir de l'Angleterre qui est actuellement la grande importatrice de bananes.

(1) L. Lindinger, *Reisestudien auf Tenerife*, Abhandlungen des Hamburgischen Kolonialinstituts, Bd VI, Hamburg, Friederichsen, 1911.

La culture des bananiers est celle qui est la plus rentable à Ténériffe ; on y plante surtout la *Musa Cavendishii* ou banane de Chine. Il convient d'attirer spécialement l'attention sur un fait mis en lumière par M. Lindinger. On a depuis quelques années insisté sur la nécessité d'une épaisse couche humifère pour la bonne culture du bananier, or, M. Lindinger remarque que les bananiers poussent à Ténériffe, surtout avec vigueur, dans les terrains totalement privés d'humus.

La culture des bananiers qui s'est largement étendue, ne pourra pas continuer à progresser de la même manière qu'elle l'a fait dans ces dernières années, car les terrains utilisables pour cette culture n'existent plus en quantité et, en outre, le bananier est particulièrement exigeant pour l'eau qui se vend.

L'irrigation coûte de 14 à 15 pesetas pour deux heures de durée.

La pauvreté des terrains de culture serait, d'après l'auteur, une des raisons pour lesquelles les bananiers ne seraient pas attaqués par des maladies cryptogamiques, alors que ceux de la Grande Canarie sont actuellement tellement endommagés par des parasites que le commerce va en souffrir.

Les bananiers des Canaries sont fumés à l'aide d'engrais chimiques et ce serait à ces engrais que l'on pourrait, peut-être, attribuer le développement extraordinaire du champignon *Glaeosporium musarum* que MM. Cooke et Massee ont observé sur les fruits. Il forme des taches noires sur les enveloppes et ces taches pénètrent dans le fruit, noircissant la partie intérieure et empêchant ainsi la consommation et par suite la vente de la banane.

Cette observation de M. Lindinger qu'il sera utile de soumettre à une expérimentation sérieuse, donne à son travail une portée relativement considérable, car elle fait réfléchir à ce fait qu'il ne suffit pas, comme on le croit trop souvent, d'amener dans le sol des principes nutritifs capables d'être assimilés par une plante pour obtenir de celle-ci un rendement considérable, il faut compter aussi sur les conditions favorables que l'on crée pour le développement des maladies.

Mais ce n'est pas la seule partie économique des études de M. Lindinger sur laquelle nous devions attirer l'attention, il a cherché à établir quelles sont les plantes canariennes qu'il pourrait être avantageux d'introduire dans l'Afrique allemande sud-occidentale et les conditions auxquelles de telles plantes doivent satisfaire.

Ces conditions ne s'appliquent pas partout, mais ce que nous

voulons faire ressortir en signalant ici le travail de M. Lindinger, et en le présentant comme modèle, c'est qu'avant d'introduire des plantes dans une colonie il faut connaître :

1° Les conditions de la vie végétale dans le pays ;

2° Les conditions de la vie de la plante que l'on veut importer, et cela d'une manière approfondie.

Il y a en tous cas une condition qui doit primer : donner un produit de valeur, soit pour l'exportation, soit pour l'utilisation locale par l'homme ou les animaux. Si la plante ne satisfait pas à cette condition, il vaut mieux abandonner son introduction et essayer la multiplication d'essences indigènes mieux adaptées aux conditions de milieu.

VI. Les Allemands s'occupent d'ailleurs beaucoup de l'Afrique et cherchent à faciliter de toutes les manières l'introduction de leurs hommes dans le continent noir. C'est dans ce but que MM. Schwabe, Kuhn et Fock ont publié cette année encore le *Taschenbuch für Südwest Afrika* (1). C'est la cinquième fois que paraît cet annuaire dont le contenu est particulièrement intéressant pour les colons. Sous forme réduite et en deux parties, les auteurs aidés par de nombreux collaborateurs d'élite, ont réuni les renseignements que tous les voyageurs désirant se rendre en Afrique Sud-occidentale ont intérêt à posséder.

Citons en particulier les lois et règlements en vigueur dans les colonies et les conditions de la vie, de l'agriculture et de l'élevage du bétail, qui, on le sait, peut donner des résultats brillants.

Au sujet de l'agriculture il est utile, en signalant cet annuaire, d'attirer l'attention sur l'article consacré par M. le Dr Golf de Halle a. S. au « Dry farming » (Trocken-Farmen) dont il a été tant question ces temps derniers.

Les auteurs insistent aussi sur l'intérêt de l'enseignement préparatoire à la carrière coloniale et ils nous montrent, par des chiffres, ce que certaines écoles coloniales allemandes telles que

(1) *Taschenbuch für Südwestafrika 1912.* (Fünfter Jahrgang). Unter Mitwirkung von Behrens, Prokurist der Afrika-Bank-Hamburg ; Diers, Oberpostinspektor in Berlin ; Gerstmeyer, Geh. Ober-Regierungsrat im Reichs-Kolonial-Amt ; Dr Golf, Privatdozent in Halle ; Julius Hellmann, Direktor der Kolonialbank in Berlin ; Hogrefe, Sekretär der Zentralauskunftsstelle für Auswanderer in Berlin ; Professor O. Knopf in Jena, herausgegeben von Kurd Schwabe ; Major a. D., Dr Philaletes Kuhn, Oberstabsarzt ; Dr Georg Fock, prakt. Arzt in Okahandja. 2 Teile, Preis M. 5. Verlag von Dietrich Reimer (Ernst Vohsen) in Berlin.

celle de Witzenhausen ont fourni à la colonie sud-occidentale africaine.

A signaler que l'on trouvera dans ce livre ce qui a été fait en Allemagne pour l'envoi de jeunes filles dans les colonies.

VII. Certains produits spéciaux ont acquis dans ces dernières années une importance de plus en plus grande : caoutchouc, matières grasses, fibres ; toutes ces substances d'origine végétale sont de plus en plus demandées, et à plusieurs d'entre elles nous avons vu consacrer des monographies. Impossible de les passer toutes en revue ; citons entre autres le livre consacré au caoutchouc par M. Walle (1).

« Au pays de l'or noir ». Ce nom de « or noir » « ouro preto » est celui donné par les collecteurs, seringueros et caucheros, qui peinent dur dans la sylve brésilienne pour amener sur le marché la forte quantité de caoutchouc produite par le Brésil.

L'auteur n'envisage pas seulement la grosse question du caoutchouc, mais il donne à ses lecteurs une idée des conditions de vie dans les États de Para, d'Amazonas et du Matto grosso, qui sont peut-être les plus intéressants de ceux qui forment les États-Unis du Brésil.

La question caoutchouc occupe naturellement la plus grande partie de l'ouvrage, c'est d'elle que le Brésil a tiré sa plus grande richesse, mais la production pourra-t-elle continuer? Pourra-t-on lutter au Brésil contre la production de plus en plus conséquente des États asiatiques ? C'est là une question que M. P. Walle a naturellement été amené à envisager et qu'il croit pouvoir résoudre au bénéfice du Brésil, si celui-ci continue à marcher dans la voie qu'il a creusée, car avec assez de raison M. P. Walle dit : « Étant données les conditions climatériques spéciales qui font de la vallée de l'Amazone la patrie par excellence de tous les bons arbres à caoutchouc, nous estimons que l'exploitation d'une plantation d'Heveas, située dans un centre bien choisi serait infiniment plus rémunératrice que celle des arbres dispersés dans la forêt. »

L'auteur entend naturellement une exploitation d'après des règles de plus en plus rationnelles ; c'est sur les procédés d'exploitation et de préparation du caoutchouc qu'il faudra surtout, pensons-nous, attirer l'attention des planteurs.

(1) P. Walle. *Au pays de l'or noir. Le caoutchouc du Brésil.* Paris 1911, E. Guilmoto, 6, rue de Mézières, 1 vol. in-8°, 244 p., 3 cartes et 60 illustrations. 2e édition.

Bien que nous ne puissions pousser plus avant l'examen de l'ouvrage, il faut que nous rappelions que l'auteur après avoir étudié le « Matto grosso » jette un coup d'œil sur quelques autres exploitations de cultures relativement faciles dans ces régions, et il cite parmi elles : noix du Brésil, cacao, tabac, manioc, guarana et bois.

Cette dernière production mérite une attention toute spéciale et certes des capitaux, bien dirigés, peuvent largement fructifier au Brésil.

VIII. Nous pensons qu'il peut être utile de signaler aux lecteurs le volume que M. Shimooka, directeur du bureau de l'Agriculture au Japon, a consacré aux conditions actuelles de l'agriculture au Japon, bien qu'il ait déjà paru en 1910 (1).

Depuis quelques années le Japon a fait, en agriculture, des progrès immenses. Ces progrès ont été faits de façon spéciale, car bien que consommation, production, importations et exportations aient augmenté, la propriété ne s'est pas accrue, et c'est en général le petit cultivateur qui produit d'une façon de plus en plus intense.

Les progrès réalisés en Europe ont été vite utilisés au Japon et nous voyons, pour certaines cultures, grâce à l'influence du Département de l'Agriculture, le Japon se trouver parmi les régions les mieux partagées. Le riz qui est cultivé au Japon depuis la plus haute antiquité offre à cet égard un excellent exemple.

Le Gouvernement s'est pénétré de cette juste idée que le riz étant la base de la vie au Japon, devait par conséquent être l'objet de tous les soins.

La liste des produits végétaux que peut fournir le Japon est déjà très sérieuse et certes les Japonais pourront, avec la persévérance qui les caractérise, arriver à allonger cette liste et aussi à exporter notablement : riz, céréales, patates douces et même pommes de terre, coton, thé, tabac et soie.

L'élevage du ver à soie a en effet préoccupé beaucoup le Bureau de l'Agriculture, qui a, pour favoriser cette industrie, installé de véritables magnaneries modèles. On a abandonné au Japon le filage à la main et déjà depuis 1870 le Gouvernement

(1) C. Shimooka. *Outlines of Agriculture in Japan*. Published by Agric. bureau Departm. of Agric. and Commerce, Tokyo, 1910.

avait fait venir de France : ingénieurs et machines, pour se placer au niveau de l'Europe.

Dans la question du coton le Japon s'est également placé rapidement à un bon rang et il a pu augmenter sa consommation par de la marchandise brute obtenue sur place, et transformée dans le pays par des usines montées avec les derniers progrès.

On est frappé, quand on jette un coup d'œil sur les photographies documentaires qui accompagnent le petit volume de M. Shimooka, du soin donné à la culture et à l'exploitation agricole dans ce pays que nous connaissons trop mal en Europe occidentale. Il est curieux par exemple de voir les soins que l'on apporte dans la culture des pépinières coopératives de riz où une main-d'œuvre abondante s'occupe de débarrasser la plante des insectes qui, dans trop de régions sont, au grand détriment des cultures, totalement négligés.

Nous pourrions répéter ces remarques à propos du thé. Un coup d'œil jeté sur les photographies de M. Shimooka représentant le palais du Département impérial de l'Agriculture et du Commerce, l'Institut agricole annexé à l'Université de Tokyo, dont les recherches scientifiques sont connues et appréciées de l'étranger, montre qu'au point de vue administratif et scientifico-pratique le Japon n'a rien à envier à l'Europe, au contraire, il paraît, au point de vue du haut enseignement, admirablement outillé.

É. D. W.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

SYLVICULTURE

La surimposition de la propriété forestière privée en France. — Ce sujet déjà ancien, cependant toujours actuel, risque, il est à craindre, de l'être longtemps encore. Le fisc, en tous temps et par tous pays rapace, se refuse obstinément à comprendre que le produit d'une forêt qui se réalise soit tous les 20 ans, soit tous les 120 ans ou tous les 150 ans, n'est pas assimilable au produit d'un champ ou d'un pré qui fournit annuellement sa récolte. En divisant le produit total d'une forêt par 20, par 120 ou par 150, on réalise, en plus du revenu annuel une partie du capital représenté par le matériel sur pied, et le contribuable se trouve imposé tout à la fois sur son revenu et sur son capital.

M'étant suffisamment étendu sur ce point dans le précédent bulletin (juillet 1910), je n'y reviendrai pas aujourd'hui. Mais il est intéressant de signaler de temps à autre les résultats vraiment paradoxaux auxquels conduit, en cette matière, le système du fisc français.

Nous en trouvons des exemples dans un rapport fait à l'assemblée générale des Agriculteurs de France (1), par M. Gouget, grand propriétaire de bois en Morvan. Il cite notamment une forêt de 350 hectares, dont le possesseur, depuis nombre d'années, pour faire face aux exigences du fisc, abattait avec son taillis une part de réserves plus forte que ne comportait la pos-

(1) Séance du 16 février 1911.

sibilité. Si bien qu'un beau jour, pareille à l'homme entre deux âges de Lafontaine qui se trouva sans cheveux, la forêt se trouva sans arbres de réserve et réduite à un taillis simple ne rapportant plus que 3000 fr. par an. Or, elle est imposée pour 3300 fr. et le propriétaire non seulement ne touchera plus de revenus, mais aura à débourser 300 fr.

Les exemples analogues abondent dans les rapports de M. Gouget. Il fait judicieusement remarquer que, si l'on excepte quelques massifs traités en futaie pure, la forêt privée ne peut plus supporter de telles charges, lesquelles deviennent incomparablement plus écrasantes de l'énormité des droits de mutation par décès.

Ces droits, qui variaient naguère de 1 % pour les successions en ligne directe, à 9 % entre personnes non parentes, en sont arrivés aujourd'hui, dans le premier cas, de 2 à 7 1/2 % et dans le dernier, de 18 à 29 % (1). Si l'on prend les moyennes dans les sept degrés de successibilité, on voit que, lorsque naguère cette moyenne était uniformément de 5,86 %, elle varie aujourd'hui de 11,57 à 20,57 %.

La cause permanente et principale des déboisements dont on se plaint et de l'insuffisance des reboisements que l'on déplore, est toute dans cette surcharge inique et injustifiée d'imposition qui pèse sur les forêts privées.

Les forêts et le papier. — Autrefois, et dans un passé qui n'est pas encore très lointain, les vieux chiffons provenant de nos défroques, fournissaient à eux seuls toute la matière première nécessaire à la fabrication du papier. Mais la consommation de ce dernier produit progressant démesurément, il a fallu chercher ailleurs, et ce sont les arbres, partant les forêts, qui sont principalement chargés de pourvoir au déficit.

Or, l'augmentation de la consommation et par suite de la fabrication ne cessant de progresser, on est à bon droit effrayé de l'appauvrissement qui finira par en résulter dans les forêts du monde entier. Les seuls États-Unis emploient annuellement 2 730 000 tonnes de papier. Plus modestes l'Allemagne en consomme 937 000 tonnes et l'Angleterre 573 000. La France vient ensuite avec 419 000 tonnes, l'Autriche-Hongrie avec 346 000,

(1) Cf. le Bulletin de la société forestière de Franche-Comté et Belfort, pp. 158 et suiv. Communication de M. Gouget à l'assemblée générale de la Société, le 7 juillet 1911 à Grenoble.

et l'Italie avec 265 000. Ce qui fait pour ces six pays seulement, un total de 5 270 000 tonnes de papier consommé annuellement.

Or, il y a vingt ans, soit vers 1890, la consommation du monde entier n'était guère que de 950 000 tonnes fournies chaque année par 3955 usines à papier.

En rapportant, pour chacun de ces six pays, la quantité de papier produit et consommé à leur population, on a en nombre de kilogrammes par tête et par an, sur les deux années 1890 et 1910, les chiffres suivants :

	CONSOMMATION DU PAPIER : kilogr. par tête et par an	
	1890	1910
États-Unis	5,25	32,5
Angleterre	5,75	16,3
Allemagne	4,00	14,5
France	3,75	10,5
Italie	1,75	7,6
Autriche	1,75	7,0

Ce qui donnerait, pour l'ensemble de ces six pays : en 1890, 3,70 kil. par tête et 14 kil. en 1910, soit un accroissement du quadruple (1).

Encore tout cela se rapporte-t-il au papier à imprimer. Mais en Amérique et au Japon, il s'emploie à bien d'autres usages. Les Yankees font avec du papier des tonneaux, des assiettes, des cuvettes et jusqu'à des chaussures (2). Les Nippons en font des vitres, des cloisons, des rideaux, des mouchoirs de poche, des bâches imperméables, des vêtements.

A Berlin, en pleine Europe, on emploie la pâte à papier à faire de petits cubes pour le pavage des rues (3).

On voit par là qu'il y a urgence à chercher et à trouver des succédanés à la pâte de bois pour la fabrication du papier. Déjà il a été question, non sans résultats encourageants, d'utiliser dans ce but la tourbe si fréquente dans certaines régions et de si faible utilisation (4). On parle aussi de recourir à la cellulose contenue en très forte proportion dans les sarments de vigne secs (5).

(1) Cf. le Cosmos, n° 1365 du 25 mars 1911.
(2) Il faut y ajouter des roues de wagons et locomotives.
(3) Cf. le Journal de Genève.
(4) Cf. le Bulletin de Sylviculture de juillet 1909.
(5) Cf. le Bulletin de juillet 1910.

Mais c'est le bambou qui tiendrait le record des substances propres, en dehors des arbres proprement dits, à fournir une pâte à papier satisfaisante. D'après la Revue Scientifique (1), une campagne serait activement menée dans les périodiques américains en faveur du papier de bambou. Cette graminée croît abondamment dans l'île de Porto Rico, dans l'isthme de Panama (comme, du reste, dans tous les pays chauds du globe) et serait facile à cultiver en grand en Louisiane et en Floride. Elle donnerait une pulpe de qualité supérieure à celle des autres végétaux, abondante et d'une extraction comme d'une manipulation faciles et peu coûteuses. On obtiendrait ainsi un papier absolument opaque, presque indéchirable, à épaisseur égale plus léger que tout autre, et que l'on pourrait aujourd'hui blanchir à souhait.

On sait que la végétation du bambou est extrêmement rapide, pouvant atteindre en trois ans une hauteur de 10 à 12 mètres, en sorte que la culture en est promptement rémunératrice. Son bois contiendrait 50 % de fibre solide et souple.

Sur un point opposé de notre hémisphère, au Japon, une compagnie s'est formée pour exploiter, dans l'île de Formose, 38 000 hectares de massifs de bambou. Une usine a été construite récemment à Kobé pouvant dès à présent produire 300 tonnes de pulpe de bambou par mois, et devant bientôt en produire le double, facilement expédiées de là au Japon (2).

Les déboisements et le desséchement de l'Asie centrale. — Un correspondant de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, qui habite Saïgon et qui a parcouru en explorateur toute l'Asie centrale, trace un tableau peu favorable de l'état résultant des déboisements de cette partie du monde. Ces déboisements, réalisés de longue date par la hache, le feu et le pâturage sans règle ni limites, seraient la cause de l'extension des surfaces désertiques qui désolent ces contrées.

Le lac d'Atchik-Koul serait complètement desséché. Les nappes d'eau en ces parages auraient, de 1820 à 1900, diminué de près de 60 p. c. Le lac Balkach et « les lacs secondaires Droongariens », qui ont dû jadis ne former qu'une seule masse d'eau, diminuent progressivement et ne tarderont pas à disparaître. L'extrémité nord-ouest de la mer d'Aral aurait en cent vingt ans

(1) Septembre 1911.
(2) Cf. le Bulletin de la société forestière de Franche-Comté.

reculé de 70 kilomètres. L'on peut évaluer à près de 230 000 hectares l'étendue désertique ayant remplacé pareille surface de nappes d'eau produisant une évaporation bienfaisante.

Pour les mêmes causes, ce phénomène de desséchement achèverait en Perse sa réalisation, depuis longtemps terminée en Arabie. C'est ainsi que de très vastes espaces, où s'accentue de plus en plus l'aspect du désert, s'établissent définitivement, semble-t-il, par dégradation successive du manteau végétal entre la Méditerranée, la mer Rouge, le golfe Persique, l'Océan indien, les massifs montagneux du Turkestan et la chaîne méridionale des Altaï.

Pour parer à ce danger, ou mieux pour conjurer ce désastre, il ne suffirait pas ici, comme il peut suffire dans des cas moins généraux, de prendre des mesures locales. Que seraient, au regard de telles étendues, quelques milliers d'arbres plantés çà et là dans les campagnes d'Orenbourg, de Samarkand ou de Boukhara ? Un verre d'eau pour irriguer une prairie, un mur de pierres sèches pour endiguer la mer.

Il faudrait commencer par protéger, contre l'homme aussi bien que contre le bétail, les broussailles qui restent encore accrochées au fond des ravines dans les vallées ou aux flancs des versants abrupts, de manière à ce que, délivrées de toute atteinte, elles puissent croître, se développer et s'étendre de proche en proche (1).

Il faudrait pour cela une législation appropriée... et observée. Les plantations faites en plus seraient alors efficaces, sans doute, grâce à l'action rafraîchissante sur le climat qu'amènerait la régénération du peu de végétation forestière qui se maintient encore.

Reboisements effectués par une compagnie de chemin de fer. — Ce n'est pas en Europe que ce phénomène est visible, mais au pays des choses extraordinaires, c'est-à-dire aux États-Unis d'Amérique. Dans ces vastes contrées, les compagnies de chemin de fer possèdent souvent de vastes étendues de terrain. C'est le cas, notamment, en Pensylvanie. Or en Amérique, comme en Europe, les chemins de fer sont de grands consommateurs de bois pour les traverses qu'il faut fréquemment renouveler ; et aussi en Amérique comme en Europe, les bois

(1) Cf. le Bulletin trimestriel de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, mars 1911.

d'œuvre tendent à devenir rares, et toutes les tentatives pour remplacer les traverses en bois par le métal, le ciment, le béton armé, le verre, ont finalement échoué.

C'est en vue de parer aux besoins futurs que les *ferrovieri* de Pensylvanie, ont eu la salutaire idée de se créer une abondante réserve de bois à traverses en plantant les vastes étendues de terrain que possède leur compagnie. L'INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR nous apprend que celle-ci, depuis neuf ans, n'a pas mis en terre moins de quatre millions de pieds d'arbre, après avoir débuté, en 1902, par la plantation de 13 610 sujets, et étant arrivée à en planter 1 054 000 en 1909.

Assurément nos Compagnies européennes de chemin de fer ne possèdent pas les vastes terrains de leurs sœurs d'Amérique. Cependant elles possèdent souvent, le long de leurs voies, des débris de propriétés expropriées pour la construction des lignes, qu'elles pourraient utiliser de cette manière. Elles pourraient de même consolider les pentes de leurs remblais et de leurs tranchées, par la plantation d'essences judicieusement choisies suivant les climats et la nature des terrains, en vue de se procurer, dans l'avenir, une partie des bois dont elles ont besoin tant pour leurs traverses que pour leurs poteaux télégraphiques (1).

Les Eucalyptus. leurs bienfaits et leurs méfaits. — Originaires de l'Australie, les arbres du genre *eucalyptus,* famille des myrtacées, sont aujourd'hui pleinement naturalisés dans les pays de climat méditerranéen : sur la Côte d'Azur, en Corse, en Italie, en Algérie, en Tunisie, en Égypte. Ce sont des arbres qui croissent avec une extrême rapidité, pouvant, dans des conditions satisfaisantes d'humidité et d'insolation, grandir de un mètre par mois : ils sont précieux pour l'assainissement des sols stagnants et marécageux. Ils peuvent atteindre 50 à 80 mètres de hauteur et de 3 à 5 mètres de diamètre à la base.

Le bois des eucalyptus est très employé, en Australie, pour la menuiserie et l'ébénisterie. On en compte un grand nombre d'espèces, entre autres : *globulus, rostrata, obliqua giganteu, amygdalina,* etc. L'*E. globulus* est celui dont l'acclimatation donne les meilleurs résultats et qui est le plus répandu. De ses feuilles on fait des infusions et des tisanes excellentes, dit-on, dans le cas d'affection des voies respiratoires. La Société des Œuvres de mer, à Terre-Neuve, en fait grand usage en faveur

(1) COSMOS. n° 1427, du 30 mai 1912.

des pêcheurs qui se reconfortent, au retour de leurs expéditions, par le thé d'eucalyptus, toujours préparé chaud et sucré dans les établissements de la Société.

Tels sont, en résumé, les *bienfaits* de l'essence eucalyptus. Mais à côté de cet actif, elle a un passif de méfaits.

Ses racines, longuement traçantes et très absorbantes, ne tolèrent nul autre voisinage, pas plus la végétation forestière d'essences différentes, que végétation quelconque. Elles percent impitoyablement tous canaux souterrains de canalisation ou de conduction quelconque. Si bien que, en dehors des terres marécageuses ou ne comportant aucune autre végétation, la présence des eucalyptus semble véritablement plus nuisible qu'utile, sauf toutefois s'il s'agit de procurer un air balsamique aux malades (1).

Culture du caoutchouc. — On peut bien dire de la question du caoutchouc qu'elle est, en même temps, toujours ancienne (au moins relativement) et toujours nouvelle. La consommation énorme et toujours croissante de ce produit a provoqué de toutes parts des sociétés pour la culture en grand des végétaux d'où on peut l'extraire.

Déjà, en octobre 1901 (2), nous indiquions comme producteurs de caoutchouc des arbres des forêts de l'Amérique équatoriale et subtropicale, des genres *Hévéa* et *Jatropa*, tout en déplorant qu'on les exploitât d'une manière excessive et barbare ne pouvant qu'amener leur destruction à court terme. Depuis lors, des explorateurs ont reconnu dans le centre de l'Afrique, à Madagascar, à Borneo, au Tonkin, l'existence d'autres essences tropicales, nommément du genre *Bleekrodea*, qui sécrètent également le précieux produit (3). Tout dernièrement encore une société s'est formée — après plusieurs autres — au capital de 1 600 000 fr. pour aller faire des plantations d'hévéa et de caféier à Dang-Khé en Cochinchine.

Il existerait déjà, dans cette seule colonie, une quinzaine d'exploitations qui comprenaient, en 1910, 650 000 arbres à caoutchouc, sans parler des pépinières annexées permettant de

(1) Cf. le Cosmos, n° 1370, 29 avril 1911.

(2) Rev. des Quest. scient. t. XX, 2e série, *Rev. des recueils périod.*, Sylviculture.

(3) *Loc. cit.*, t. XVI et XXXIII, 2e série, mêmes rubriques, juillet 1909 et juillet 1910.

prévoir, pour cette même année, la bienvenue de un million de sujets (1).

La récolte se fait tous les deux ans et donnerait moyennement 300 grammes de gomme, la première fois. Quatre ans après, cette récolte serait de un kilogramme. A la septième récolte (quatorzième année), elle atteindrait deux kilogrammes. Ce sont là, assurément, des résultats encourageants. Toutefois si le rapide accroissement des exploitations aboutit à une surproduction en dépassant l'accroissement même de la consommation, il se pourrait que les bénéfices allassent en diminuant, surtout si l'on arrive à fabriquer industriellement le caoutchouc artificiel, ce qui paraît probable (2).

Quoi qu'il en soit, les craintes que l'on pouvait concevoir naguère de voir disparaître par exploitations abusives les arbres à caoutchouc des forêts de la zone torride, ces craintes n'ont plus de raison d'être grâce aux plantations méthodiques et à l'exploitation raisonnée auxquelles se livrent les nombreuses sociétés constituées à cet effet.

Pour le moment, la production annuelle du caoutchouc est de 75 080 tonnes dont un tiers serait absorbé par les États-Unis, un autre tiers par l'Allemagne et l'Angleterre, et le reste se partagerait entre la France, la Russie et l'Italie (3).

Les succédanés de l'écorce de chêne et la prochaine disparition du châtaignier. — Nos peuplements de chêne ne pouvant plus fournir par leurs écorces la quantité de tanin réclamée par la consommation, l'on s'est ingénié à en chercher ailleurs, on en a trouvé ; et par contrecoup nos écorces de chêne sont souvent délaissées.

Deux produits forestiers principalement, l'un exotique, l'autre indigène, tendent de plus en plus à remplacer, sinon à suppri-

(1) Cosmos, 23 octobre 1910, n° 1343.

(2) Cf. le Cosmos, n° 1343 du 23 octobre 1910, et n° 1370 du 29 avril 1911 ; Revue des Eaux et Forêts, juin 1912. D'après ce dernier recueil, en analysant chimiquement le caoutchouc naturel, on en a dégagé un produit polymère de l'isoprène (hydrogène carburé dont la formule est $C^{10} H^{8}$). Il suit de là que pour arriver à fabriquer artificiellement le caoutchouc, il faut commencer par fabriquer de l'isoprène, ce à quoi du reste on commence à arriver industriellement. La solution finale du problème sera de passer de l'isoprène au caoutchouc Ce serait à cela que travaillent les grandes usines allemandes de produits chimiques, et elles seraient encouragées par les résultats satisfaisants des premiers résultats obtenus.

(3) Rev. des E. et F.

mer l'emploi de l'écorce de nos chênes comme productrice de tanin.

Il existe dans l'Amérique sud-équatoriale et principalement sur les flancs montagneux du Nord-Ouest de l'Argentine, dans le Chaco austral, un arbre fort curieux. Il s'y rencontre souvent en épais massifs ; c'est l'*Aspidosperma québraco blanco*, ou plus brièvement le *Québraco* (mot espagnol dont la signification étymologique serait : brise-hache), dont la teneur en tanin serait couramment de 20 p. c., pouvant atteindre 28 et même 30 p. c.

Le bois de québraco, clair, fin, d'un tissu serré et très doux, est imprégné d'une sorte de résine jaunâtre ou rougeâtre ; il est d'une dureté qui justifie le sens étymologique de son nom. Le tanin abonde non seulement dans l'écorce mais aussi dans l'aubier et pénètre même dans le cœur ou duramen. Aussi, malgré ses nombreux emplois en ébénisterie, en constructions navales, en traverses de chemins de fer, le pulvérise-t-on dans des usines spéciales, pour en séparer le tanin. On en avait exporté en dix ans 50 080 tonnes, partie aux États-Unis, partie en Europe (Cf. le Cosmos du 9 juillet 1910).

Le bois de québraco serait aussi un excellent agent tinctorial, son tanin prenant, sous l'action des acides, de belles colorations rouge vif, rouge foncé et quasi noir (Cf. le Cosmos du 19 novembre 1910).

Mais l'écorce des chênes d'Europe a aussi un succédané important en Europe ; et cela malheureusement, car l'exploitation inconsidérée en France du châtaignier à ce point de vue, menace cette précieuse essence de disparaître, ou à peu près, de nos forêts, de nos prés-bois et de nos parcs.

Sans être à beaucoup près aussi riche en tanin que le québraco, le bois de châtaignier l'est cependant beaucoup plus que l'écorce de chêne dont le dosage dépasse rarement 5 p. c. Il en contient aisément 4 à 7 p. c., et peut même, sur les vieux arbres, aller jusqu'à 8 ou 10. Ce dernier taux serait celui des châtaigniers de la Corse ; dans les châtaigneraies de Bretagne, il ne dépasserait pas 6 p. c. Comme les matières tannantes des châtaigniers se trouvaient surtout dans le bois parfait (l'écorce en contenant très peu), c'est par la réduction de celui-ci en minces copeaux mis à macérer dans la vapeur à 120° centigrades que l'on obtient un jus tannifère. Concentré dans des appareils spéciaux, celui-ci est ensuite livré aux tanneurs et aux teinturiers. Réduit en poudre, le bois de châtaignier sert pour la teinture en noir des

tissus, et pour *charger* les étoffes de soie (Cosmos du 31 décembre 1910).

Ce mode d'utilisation du châtaignier étant plus rémunérateur que son emploi en menuiserie ou charpente, on l'exploite sans mesure et sans prévoyance, et l'on n'a pas malheureusement la précaution si simple et si facile de substituer à chaque châtaignier adulte abattu un ou deux jeunes sujets de remplacement. Et cet arbre dont le fruit, dans bien des pays, est la base de la nourriture des populations, tend ainsi à disparaître.

La maladie des châtaigniers. — Non moins que l'exploitation abusive, la maladie dite *de l'encre,* ou encore *du pied noir,* contribue au déclin, en France et dans l'Europe méridionale, de cette précieuse essence. Déjà nos lecteurs en ont été entretenus dans le Bulletin de Sylviculture de juillet 1910. Elle a fait, le 10 décembre suivant, l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences, de MM. Briosi et Farnetti qui ont étudié cette maladie en Italie. Ils l'attribuent au parasitisme d'un champignon *Melanconis perniciosa*. Peut-être se rappelle-t-on que M. Mangin l'attribuait à un autre champignon, *Mycelophagus castanea*.

MM. Griffon et Maublanc qui ont observé la *maladie de l'encre* dans le Limousin la jugent identique à celle que MM. Briosi et Farnetti ont étudiée en Italie (Comptes Rendus, 12 déc. 1910). Des taches allongées se forment sur les feuilles, séparées du surplus par une bordure saillante. Sur toute la partie atteinte, l'écorce brunit et périt ainsi que les couches superficielles du bois. La majorité des savants et observateurs attribuent la cause du mal aux *mycorhises*, sorte de mycéliums vivant en symbiose sur les radicelles.

Comme on ne voit pas jusqu'à présent de moyen de combattre directement ce fléau, MM. Griffon et Maublanc proposent de greffer le châtaignier d'Europe sur le chêne ou sur des châtaigniers exotiques ; procédé onéreux et d'une grande lenteur. Ne vaudrait-il pas mieux créer des pépinières de châtaignier du Japon qui, d'après les observations de M. Prunot, serait indemne de la maladie ?

Cet observateur, à la suite d'expériences effectuées dans diverses stations du Plateau central, des Cévennes et des Pyrénées, au nom du Ministère de l'Agriculture, a pu constater la résistance constante depuis neuf ans du châtaignier du Japon (*Castanea japonica* Blume) à la *maladie de l'encre*. D'autre part, une série d'expériences effectuées depuis quelques années dans

une station située en Lindois (Charente) ont pleinement corroboré les constatations précédentes.

Ce serait donc par l'introduction en grand du *C. japonica* dans nos châtaigneraies que l'on remédierait à la redoutable maladie (1).

Un parasite de l'Oïdium du chêne. — On n'a pas oublié la maladie dite *Blanc du chêne* qui, sans être mortelle pour les arbres et cépées qui en étaient atteints, leur a causé ces dernières années de très fâcheux effets, comparables à ceux du gal qui détruit les jeunes pousses (2). Elle est due à un *Oïdium* sur l'origine duquel on n'est pas encore bien fixé, mais que plusieurs observateurs, notamment M. le Vicomte de Larnage et M. Ducholais, de la Société des Agriculteurs de France, tendent à assimiler à l'*Oïdium* de la vigne.

Cette maladie avait été favorisée, avant l'été de 1911, par une série d'hivers doux et humides ; mais en même temps ce concours de circonstances a favorisé l'éclosion et le développement d'un ennemi naturel de l'*Oïdium* qui détruit celui-ci, le *Cicinnobolus* (3). Ce parasite, d'après les observations de M. Paul Vuillemin, compromet par son mycelium la conservation de l'Oïdium, et par ses conidies la multiplication du redoutable érysiphe.

Le *Cicinnobolus* s'installe spontanément sur l'*Oïdium* du chêne et tend ainsi, en le dominant, à mettre un terme à la maladie du blanc. Les forestiers n'ont donc autre chose à faire qu'à favoriser, par une hygiène appropriée, l'action du parasite.

La chenille du chêne-liège. — Cette chenille xylophage est celle de la Zeuzère (*Zeuzera pyrina*, Lin). Le dépérissement d'un grand nombre d'arbres dans les forêts de chêne-liège de la province de Constantine avait été remarqué ces dernières années. Le mal, suivant les observations de M. Pierre Lesne, était dû à la chenille d'un lépidoptère pétérocère désigné plus haut, creusant le tronc et les branches en pleine vigueur.

On détruit cette chenille en introduisant, dans l'orifice de chaque galerie creusée par elle, une capsule de sulfure de car-

(1) Cf. Une note présentée par M. Brunet à l'Académie des Sciences (COMPTES RENDUS, 19 février 1912).

(2) Voir, dans la livraison de juillet 1909, sous la rubrique générale SYLVICULTURE, l'entrefilet intitulé *Le blanc du chêne*.

(3) COMPTES RENDUS, séance du 10 octobre 1910.

bone à enveloppe gélatineuse en forme longue et affilée, fabriquée *ad hoc*, et que l'on sépare de l'extérieur au moyen d'un bouchon d'argile. Au bout de 24 heures, l'enveloppe et la capsule sont dissoutes, et la chenille est tuée par le sulfure.

L'Académie des Sciences, qui nous fournit ces détails (1), ne dit rien du coût de l'opération. Mais s'il faut la répéter sur chacune des galeries de la chenille et sur un grand nombre d'arbres, les frais doivent finir par devenir assez lourds.

Une ennemie du sapin : La chenille tordeuse. — Il y en a plusieurs espèces, dont deux seulement spéciales au sapin, et une autre qui s'attaque à l'épicéa. C'est des deux premières seulement, *Tortrix rufimitrana* et *T. murinana*, que nous avons à nous occuper. Ces deux espèces sont fort voisines et ne se distinguent guère à la vue que par la tête de la chenille, rougeâtre chez la première, noire chez la seconde.

Dès que commencent à se faire sentir les premiers effluves du printemps, la chenille tordeuse se met à dévorer les feuilles surtout des bourgeons, des jeunes pousses du sapin (des pousses terminales surtout) au fur et à mesure de leur développement. Ces jeunes pousses prennent ainsi une teinte roussâtre analogue à celle qui se manifeste après la gelée, tandis que resserrées dans un réseau de fils tissé tout autour par la chenille elles ne tardent pas à se dessécher.

De 1906 à 1909 les sapins des plateaux et du versant oriental du Jura suisse et français, des deux côtés de la frontière, mais principalement du côté suisse, les sapins ont eu fort à souffrir de l'invasion de ces lépidoptères. Toutefois les arbres atteints n'ont généralement pas péri ; ils ont seulement subi une notable diminution de croissance et d'épaisseur dans les couches ligneuses correspondant à ces années-là.

Quand la chenille est parvenue à son plein développement, elle descend, suspendue à un fil, jusqu'à terre pour s'y muer en une chrysalide qui n'est guère plus grosse qu'un grain de blé et dont le papillon sort vers la fin de juillet pour s'accoupler et pondre ses œufs. Le *Tortrix rufimitrana* effectue sa ponte dans les fentes de l'écorce, à la partie supérieure de la tige ou des branches principales, le *T. murinana* sur les aiguilles mêmes en deux rangs imbriqués comme les tuiles sur un toit.

L'homme est impuissant à combattre directement cet insecte

(1) Comptes rendus, séance du 8 mai 1911.

nuisible. Heureusement la nature a mis le remède à la suite du mal. Celui-ci a atteint son maximum d'intensité en 1907 au Val Travers, en 1908 dans le Jura bernois, du côté d'Ajoie et de Delémont où des milliers d'hectares ont été envahis. Dans le Jura français (département) et les environs de Pontarlier, le fléau n'a commis que quelques ravages de peu d'importance en 1908 et 1909.

Puis ont paru, en 1909, les ichneumons qui ont pu se repaître du mets, friand pour eux, des œufs et des larves de l'insecte. Les ramiers, de leur côté, se sont régalés de sa chrysalide. Si bien que dès 1910, il ne restait plus trace du fléau, même dans les cantons qui en avaient le plus souffert (1).

L'exploitation du liège en Portugal. — D'après une note publiée par le Cosmos du 5 août 1911, le Portugal posséderait plus de 225 000 hectares de forêts de chêne-liège, principalement de la variété *Quercus Suber,* produisant 50 000 tonnes de liège, pouvant valoir vingt millions et demi de francs, et une glandée suffisante à nourrir 30 000 porcs.

Le *Q. Suber* préfère aux bons terrains calcaires les sols maigres de schiste et de feldspath, pourvu qu'ils soient divisés assez pour se laisser pénétrer par les racines, parce que, sa croissance y étant plus lente, ses tissus se forment d'une manière plus homogène. Ce n'est pas avant l'âge de dix ans au plus tôt — souvent plus tard — que l'arbre peut commencer à subir le premier démasclage; et ce n'est qu'après une seconde période de huit à dix ans, que l'on peut obtenir une production de quelqu'importance, le premier démasclage ayant eu surtout pour objet de permettre le grossissement de la tige et des grosses branches. Les récoltes se succèdent ensuite *moyennement* de dix ans en dix ans.

La saison de la récolte a lieu de juin à la fin d'août.

Quant au mode de procéder, il est identique à celui qui a cours en France.

On cite à Torre, près Azeitao, un chêne-liège dont le tronc mesure neuf mètres de tour, et la cime quarante mètres de diamètre. Un autre aurait fourni, dans un seul écorçage (?), 1850 kilogrammes de liège.

(1) Cf. le Bulletin de la société forestière de Franche-Comté et Belfort. Communication de M. Mongenot, ancien administrateur des eaux et forêts.

Effets du goudronnage des routes sur la végétation des arbres. — Le goudronnage des routes, conséquence amenée par la pratique de l'automobilisme, paraît décidément défavorable soit aux arbres dont elles sont bordées, soit à ceux des forêts qu'elles traversent. Deux communications à l'Académie des sciences en font foi.

D'une part, M. Gatin s'est livré à des expériences sur les feuilles du sycomore, du noyer, de l'orme et de quelques arbrisseaux, tels que le seringa, la symphorine, le groseillier sanguin, etc.; il les a, à diverses reprises, en juillet et septembre, saupoudrées au soufflet de poussière de goudron, après un léger bassinage, et toujours le soir, pour éviter les effets d'un arrosage au Soleil. Toutes ces feuilles ont été plus ou moins brûlées, perforées, boursouflées ou au moins brunies. De plus, les ramilles attenantes du rosier et du seringa ont été rabougries et leur croissance entravée (Comptes rendus, 9 octobre 1911).

D'autre part, le même M. Gatin et M. Fluteaux ont reconnu, au bois de Boulogne, les effets funestes des routes goudronnées sur les arbres. Les feuilles, moins développées, sont recroquevillées et tachées, les rameaux se rabougrissent, et le ralentissement de la végétation se traduit par un amoindrissement d'épaisseur des rameaux et par une entrave à la mise en réserve de l'amidon.

Ces résultats ont été principalement constatés sur des catalpas et le long de la route de Sablons (Comptes rendus, 20 nov. 1911).

Déjà M. Michel Mirande avait signalé (Comptes rendus, 21 novembre 1910) l'action nuisible du goudronnage des routes sur la végétation, qu'il attribuait moins à la poussière qu'à la vapeur que dégage le goudron à la température ordinaire. Cette vapeur, en pénétrant dans les cellules provoquerait la mort du protoplasme.

Propriétés toxiques du bois de certaines essences. — Le bois d'un certain nombre d'essences possède des propriétés toxiques pouvant provoquer des troubles plus ou moins graves chez les ouvriers qui les mettent en œuvre. Le Journal de pharmacie et de chimie en cite un certain nombre. Parmi les arbres et arbustes de nos climats, nous citerons principalement :

L'If commun *(Taxus baccata*, Lin.) ; le Buis *(Bunus sempervirens,* Lin.); le Cytise faux ébénier *(Cytisus laburnum*, Lin.) ; le Genévrier sabin *(Juniperus sabina,* Lin.) des sols arides et montagneux des Alpes. Le sapin lui-même *(Abies pectinosa*, D. C.), provoquerait, par son bois, quelqu'irritation de la peau

et des muqueuses, des démangeaisons, de l'inflammation des voies respiratoires. Le travail des autres amènerait, à la longue, des nausées, de l'oppression, des maux de tête, du ralentissement des mouvements du cœur.

Nous ne parlons pas des bois exotiques dont on tire l'ébène, le palissandre, l'acajou et les bois aromatiques, dont la main-d'œuvre est incomparablement plus nocive que celle de nos bois indigènes.

Conservation des étais de mines par la créosote. — M. Jules Garçon, dans ses *Notes pratiques de chimie,* constate que le meilleur agent conservateur des bois serait la créosote. Il fait remarquer que les bois de mines en sapin *(Abies)* imprégnés de cette essence de goudron ont donné les meilleurs résultats dans les mines de Mariemont; l'ingénieur en chef des exploitations, M. Wuilliet, a reconnu que des bois de sapin créosotés, ayant séjourné pendant onze ans dans des gisements humides, étaient encore bien conservés, alors que des étais de chêne avaient dû être remplacés deux fois pendant la même période. Ces derniers bois durent plus longtemps dans les gisements secs; mais là où le chêne dure quatre ans, le sapin créosoté en dure huit.

A noter toutefois que là où, pour une raison quelconque, des bois créosotés ont dû être raccourcis, ce qui a mis à nu la surface sectionnée, celle-ci a été rapidement attaquée au cœur, d'où le mal pouvait rapidement se propager. Plutôt que de raccourcir un étai trouvé trop long, mieux vaudrait le remplacer par un autre qui aurait été créosoté à la longueur convenable (Cosmos).

D'autre part la revue Nature indique, comme moyen simple et économique de conservation des bois, au moins dans les pays peu éloignés de la mer, ce qu'on pourrait appeler la *salaison* du bois, c'est-à-dire son imprégnation par le sel. Le bois serait mis à macérer dans des bassins d'eau salée soumise à l'évaporation pendant trois ou quatre mois; à la fin de cette immersion il aurait absorbé de 70 à 100 % de son poids. Ce mode de procédé pour la conservation des bois serait surtout recommandé pour les traverses de chemins de fer.

Un arbre dont le bois est plus léger que le liège.— La densité du liège variant de 0,20 à 0,24, celle de ce bois ne dépasse pas 0,1 à sec. A quasi saturation d'eau, elle ne monte qu'à 0,34.

Sa fibre est longue et serrée, par suite de quoi il se débite facilement en planches. On peut en faire des portes et des tables. Les naturels du pays qu'il habite le débitent en lamelles de trois centimètres d'épaisseur qu'ils cousent ensemble avec des fils de cuir, et en font des boucliers à l'épreuve de la lance et de la sagaie. Il semble être, parmi les bois, ce que l'aluminium est parmi les métaux.

Son nom? Ambach chez les indigènes, *Herminiera elephroxylon*, de la famille des mimosées, chez les botanistes.

Sa croissance est rapide et peut lui faire atteindre quatre ou cinq mètres de hauteur dans une même saison, avec vingt à trente centimètres de circonférence à la base. Ses branches sont chargées d'épines, son feuillage rappelle celui du mimosa; il porte de grandes fleurs jaunes. Sa puissance de propagation est telle qu'il peut, en quelques mois, envahir de grandes étendues de terrains.

Malheureusement, cet arbre ou plutôt cet arbrisseau, car il ne paraît pas dépasser les dimensions ci-dessus indiquées, ne croît que dans les terres marécageuses qui environnent le lac Tchad, au cœur de l'Afrique intertropicale.

Ce sont les officiers de la mission Niger-Tchad, capitaine Tillo, qui l'ont fait connaître (1).

C. de Kirwan.

SCIENCES MÉDICALES

—

Dix-huit mois de 606. — Voilà dix-huit mois que ce nouveau médicament, précédé d'une savante réclame, fut lancé dans le public. Selon ses parrains, Erlich et Hata, il devait guérir tous les accidents de la Syphilis et la Syphilis elle-même, en produisant la stérilisation complète de l'organisme *(therapia sterilisans magna)*, et remettre celui-ci en l'état où il était avant d'avoir contracté cette terrible maladie. De plus, son emploi était inoffensif et une seule injection devait suffire.

(1) Cf. les journaux L'Éclair et Le Bois, cités par la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, dans son Bulletin de septembre 1912.

A l'annonce de cette découverte, tout ce que les grandes villes comptent de viveurs, de tarés, comme aussi de malheureuses victimes, tous ceux que hantait la crainte des conséquences de cette maladie qu'on ne contracte qu'une fois, dont on ne guérit plus et dont les effets se font encore sentir 20 ou 30 ans après son début, tous se ruèrent à l'assaut des cabinets des quelques privilégiés à qui d'abord le mystérieux produit avait été confié, et, plus tard, lorsque tout le monde put se le procurer, chez les spécialistes et dans les hôpitaux. Les résultats immédiats, en effet, paraissaient confirmer les promesses faites ; aussi, chez certains médecins, ce fut un véritable engouement : les vieux remèdes furent abandonnés, toute syphilis était traitée par les injections de Salvarsan.

Maintenant qu'un certain temps écoulé a permis d'un peu mieux juger des effets du traitement et en a montré les accidents possibles, un revirement se dessine qui, nous n'en doutons pas, s'accentuera, peut-être même à l'excès : si l'Arséno-Benzol ne mérite pas sa vogue des premiers jours, il est néanmoins un bon médicament, inférieur il est vrai au mercure et à l'iodure, mais qui, en certains cas, est le remède de choix.

Voici à ce sujet le résumé d'une leçon du professeur Gaucher, de Paris, rapportant à ses élèves les discussions qui ont eu lieu cette année au Congrès de dermatologie de Rome, discussions terminées par ces mots du professeur Finger, de Vienne, résumant ce qui avait été dit : « Le 606 ne stérilise pas la Syphilis ; les récidives après le 606 sont plus nombreuses qu'après le mercure. »

Le 606 est un remède de circonstance qui a un pouvoir de cicatrisation très rapide. Toutes les ulcérations syphilitiques, à toutes les périodes, guérissent, en général, très rapidement par l'Arséno-Benzol, plus rapidement que par le mercure, *mais c'est tout.*

Ces ulcérations, une fois guéries, récidivent toujours si elles appartiennent à une période de la Syphilis où les lésions sont sujettes à reparaître (périodes primaire et secondaire). Le chancre reparaît au bout de deux à trois mois, et ce sont ces chancres redux, ces ulcérations chancriformes qui ont été présentées avec grand tapage comme des cas de réinfection syphilitique. (Celle-ci, en effet, aurait démontré la stérilisation de l'organisme par le 606.)

En réalité le 606 est un trompe-l'œil... il ne produit pas la stérilisation de l'organisme. Si certains cas ont paru guérir complète-

ment, cela tient à ce que beaucoup de Syphilis restent bénignes et ne produisent des accidents que des années plus tard ; or il n'y a que dix-huit mois que nous expérimentons ce médicament. Une réaction de Wasserman négative n'est pas une preuve de guérison. Nous avons tous vu des réactions négatives être suivies, quelques mois après, d'accidents syphilitiques avec réaction redevenue positive.

Le 606 ne guérit donc pas la Syphilis, il ne guérit que l'ulcération syphilitique, mais il a sur l'évolution de la Syphilis une action retardatrice très curieuse : le chancre, les plaques muqueuses, reviennent au bout de plusieurs mois ; ils reviennent, mais, chose curieuse, avec une intensité et sous une forme inusitées à cette période de l'infection syphilitique. L'Arséno-Benzol peut contribuer à rendre la maladie plus ou moins latente, il ne la guérit pas. De plus, *s'il agit sur les lésions cutanées ulcéreuses,* il est sans action sur les lésions quaternaires parasyphilitiques, telles que le Tabès et la Paralysie générale.

Le professeur Gaucher conseille la prudence dans l'emploi de ce médicament ; il ne faut y recourir qu'en tremblant car *il peut être dangereux, même à petite dose*, sans qu'on sache ni comment, ni pourquoi. La cause de la mort qu'il peut entraîner est probablement l'intoxication arsénicale. Comme toutes les préparations organiques d'Arsenic, le 606 est funeste au rein, et surtout au système nerveux central et périphérique.

Vient ensuite la relation d'une série d'accidents causés par l'Arséno-Benzol : cécités complètes, surdités, névrites, même des morts plus nombreuses que la Syphilis laissée à elle-même n'aurait pu en produire.

Quelles seront donc les indications du Salvarsan ?

1° Cicatrisation momentanée des chancres et des plaques muqueuses ;

2° Les cas où le mercure a été impuissant ou n'est pas toléré.

La conclusion de cette leçon est que, vu le grand danger du 606 et son action limitée et momentanée, il n'y a pas lieu de faire de ce nouveau médicament le remède habituel de la Syphilis.

Au point de vue pratique et social, toutes ces observations ont encore une autre portée, beaucoup plus grande. En ce qui concerne le mariage des syphilitiques, en effet, si le 606 produisait vraiment la stérilisation de l'organisme, on pourrait permettre à ces malades de contracter union peu de temps après que la réaction de Wasserman est devenue négative. C'est là une déduction qui, dans ces derniers temps, a assez souvent été

mise en pratique. Il n'est pas difficile d'apercevoir les graves conséquences de ce fait dès lors que — comme nous venons de le voir — la maladie n'est que latente et qu'elle reparaîtra presque fatalement des mois et, probablement, même — une plus longue expérience nous le dira — des années après la guérison apparente. Aussi ne pouvons-nous que nous rallier à l'avis du professeur Gaucher quand il dit : « Le traitement (mercuriel) de quatre ans me semble nécessaire, même si la réaction de Wasserman devient négative. *Je ne crois pas non plus qu'on puisse permettre le mariage à un syphilitique avant cinq années,* même avec une réaction de Wasserman négative.

La vie alternante des tissus. — Dans une récente communication faite à l'Académie de médecine de France, par l'intermédiaire du professeur Pozzi, M. A. Carrel rend compte de l'état actuel des expériences qu'il poursuit à l'Institut Rockfeller de New-York.

On sait que jusqu'à présent l'auteur était parvenu à maintenir en vie, pendant quelques jours et en dehors de l'organisme, des fragments de tissus, en les plaçant dans un certain milieu porté à une température convenable ; mais la mort survenait assez vite par accumulation des produits de désassimilation des cellules.

Carrel eut l'idée de les changer de liquide, de leur donner un nouveau milieu ; l'effet fut tel qu'il l'espérait : au lieu des douze à quinze jours de survie obtenus jusque-là, on parvint à en atteindre une vingtaine. En tâtonnant et en cherchant encore, l'Auteur est arrivé à maintenir presqu'indéfiniment la vie dans les tissus conservés; si la durée la plus longue pratiquement observée n'a pas dépassé soixante et un jours, c'est que, à la longue, des microbes viennent attaquer les cultures qui succombent à l'infection.

Voici quelle est la technique suivie par M. Carrel. Le plasma employé est du sang déglobulisé, obtenu en recueillant du sang artériel à travers une canule huilée, dans des tubes paraffinés et à 0°. Ceux-ci sont centrifugés dans la glace et on recueille le plasma qui est conservé liquide dans des tubes paraffinés tenus dans la glacière. Pour l'utiliser, on en prend, à l'aide d'une pipette paraffinée une certaine quantité, qu'on répand sur les tissus en expérience ; le liquide se coagule immédiatement. Le tout est ensuite porté à l'étuve pour une période de six jours. Ce temps écoulé, on lave les tissus pendant une à vingt-quatre heures dans

le liquide de Ringer, un peu modifié (1), et maintenu à basse température. Après ce temps le cycle recommence.

Les tissus sont ainsi soumis alternativement à des périodes de croissance et de repos, bien visibles à la coupe : les proliférations successives des cellules se marquent par autant d'anneaux concentriques. Le temps ne diminue pas l'activité de la croissance ; seuls, comme nous l'avons dit plus haut, les microbes limitent, jusqu'à présent, le temps de vie des tissus ainsi traités.

Dr Jos. Boine.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

L'utilisation des radiations ultra-violettes. — L'activité chimique des radiations ultra-violettes est connue depuis plus d'un siècle. Dès 1801, Ritter et Wollaston constataient que le phénomène, signalé depuis longtemps déjà, du noircissement des sels d'argent à la lumière, était provoqué d'une façon très intense par la partie du spectre lumineux située au delà du violet. C'est même à cette propriété que les rayons ultra-violets, invisibles pour l'œil humain, ont dû d'être découverts.

Depuis cette époque, l'attention des physiciens a toujours été portée vers l'étude de ces radiations dont l'action chimique, physiologique, électrique, s'est révélée si remarquable. Depuis quelques années surtout, la découverte de sources lumineuses très riches en rayons ultra-violets — arcs à électrodes métalliques, tubes à vide et surtout la lampe en quartz à vapeur de mercure — a grandement facilité les recherches et permis, en particulier, de pousser activement l'étude de leur pouvoir photochimique. Sans doute, l'activité chimique n'est pas spéciale aux rayons ultra-violets ; le spectre lumineux, voire le spectre infrarouge, n'en sont pas dépourvus. Toutefois, de même que la plus grande partie de l'énergie calorifique se trouve localisée dans la

(1) Liquide de Ringer modifié :

Chlorure de Sodium	9	gr.
» de Calcium	0,25	gr.
» de Potassium	0,42	gr.
Eau	1000	gr.

région du spectre contenant les radiations de plus grande longueur d'onde (spectre lumineux et infra-rouge), sans être complètement absente dans les autres, de même l'énergie chimique se répartit dans toute l'étendue du spectre, mais avec une intensité beaucoup plus grande dans les radiations de faible longueur d'onde (violet et ultra-violet).

La difficulté principale, dans cette étude, provenait du fait que les radiations ultra-violettes sont très absorbables par un grand nombre de substances, parmi lesquelles, malheureusement, se trouve le verre. Le quartz, heureusement, est beaucoup plus transparent ; aussi, depuis que des procédés nouveaux ont permis de le fondre, de l'étirer, de le souffler en forme de flacons, de tubes, de récipients de toute sorte, il est devenu beaucoup plus facile de construire des lampes dont l'enveloppe n'arrête pas la plus grande partie du rayonnement invisible, et d'exposer directement à leur action les substances sur lesquelles on veut expérimenter. Notons en passant que le quartz lui-même est loin d'être complètement transparent (1), mais on n'a pas mieux et, pour les applications pratiques, il donne déjà des résultats satisfaisants.

Les travaux récents de MM. D. Berthelot, H. Gaudechon, V. Henri, etc., ont fait reconnaître aux rayons ultra-violets une activité chimique extrêmement intense. Signalons, à titre d'exemple, quelques-unes des réactions chimiques provoquées ou facilitées par leur influence (2) ; décomposition de l'ammoniaque et des oxydes d'azote (Warburg et Regener) ; polymérisation de l'acétylène, de l'éthylène, du cyanogène (D. Berthelot et Gaudechon) ; dégradation de divers sucres et hydrates de

(1) Voici quelques indications au sujet de la transparence des diverses substances. Le spectre ultra-violet commence avec les radiations de 4000 unités Angström (U. A.) environ (l'unité Angström, employée par les spectroscopistes, vaut 10^{-7} mm. soit un dix-millième de micron); l'atmosphère terrestre, aux altitudes moyennes, est transparente jusqu'à environ 3000 U. A. ; aucune espèce de verre, sous une épaisseur de 1 cm., ne laisse passer les radiations de longueur d'onde inférieure à 3050 U. A., et, pratiquement, le verre n'est utilisable que pour l'étude des radiations entre 4000 et 3600 U. A. Le quartz permet d'aller jusqu'à 1800, la fluorine jusqu'à 1250, mais, comme l'air lui-même devient déjà sensiblement opaque pour les longueurs d'onde inférieures à 2000, on doit, pour ces dernières valeurs, opérer dans le vide. Pour plus de détails, voir Chwolson, *Traité de physique*, trad. Éd. Davaux, t. II, fasc. 2, p. 333 et suiv., ou bien H. Buisson et Ch. Fabry, *La lumière ultra-violette*, Revue générale des Sciences, 30 avril 1911, p. 309 et suiv.

(2) Pour plus de détails, voir D. Berthelot, *Les effets chimiques des rayons ultra-violets*, Revue générale des Sciences, 30 avril 1912, p. 322.

carbone avec formation de corps réducteurs (Bierry et V. Henri); décomposition rapide de l'eau oxygénée (Thiele), etc., etc.

A côté de l'action chimique il faut signaler l'action physiologique, qui en dérive d'ailleurs. Les rayons ultra-violets, surtout ceux de longueur d'onde inférieure à 3000 U. A., apparaissent comme très nuisibles pour les organismes vivants. Leur action se montre remarquable surtout sur les êtres inférieurs, microbes, moisissures, etc., qui sont rapidement détruits ; mais elle n'est nullement négligeable chez les êtres supérieurs, en particulier chez l'homme : l'exposition, même peu prolongée, au rayonnement d'une source lumineuse riche en radiations de ce genre provoque rapidement une inflammation douloureuse de la peau ; les yeux surtout, quoi qu'on en ait dit, se montrent sensibles à cette action, et de nombreux accidents se sont déjà produits, avertissant les expérimentateurs d'être prudents.

Une chose importante à noter, et sur laquelle nous aurons à revenir, c'est que l'activité chimique et physiologique n'est pas la même pour toute la région du spectre ultra-violet, et qu'elle varie non seulement dans son intensité, mais même dans sa nature. M. D. Berthelot a fait connaître récemment, dans une communication présentée à la séance du 1er mars 1912 de la Société Française de Physique, le résultat de ses expériences à ce sujet. Divisant l'ultra-violet en deux octaves, dont la première comprend les radiations de 750 à 1500 trillions de vibrations par seconde ($\lambda = 4000$ à $\lambda = 2000$ U. A.), et la deuxième celles de 1500 à 3000 trillions ($\lambda = 2000$ à $\lambda = 1000$ U. A.), il subdivise ensuite chaque octave en deux et étudie séparément les quatre demi-octaves ainsi obtenues. Les radiations de la première demi-octave *(ultraviolet solaire* ou *initial,* 4000 à 3000 U. A.) traversent facilement des épaisseurs de 1 à 2 mm. de verre ordinaire ; leurs actions chimiques et biologiques sont les mêmes que celles des rayons visibles bleus et violets ; « effet tonifiant, mais non nocif sur les êtres vivants » (1). La deuxième demi-octave *(ultraviolet moyen*, première moitié, 3000 à 2000 U. A.) comporte des radiations abiotiques et stérilisantes, traversant l'eau et produisant des réactions chimiques irréversibles. Les radiations de la troisième demi-octave *(ultraviolet moyen,*

(1) Du moins sur les organismes supérieurs, car il faut observer que les travaux d'Arloing, confirmés par de nombreuses expériences, ont fait connaître dès 1885 le pouvoir stérilisant de la lumière solaire, laquelle, vu l'absorption de l'atmosphère, ne contient pratiquement pas de radiations au-dessous de 3000 U. A.

seconde moitié, 2000 à 1500 U. A.), au contraire, tout en gardant la même action abiotique, sont absorbées par l'eau et déterminent des réactions chimiques d'équilibre. Enfin les propriétés de la dernière demi-octave *(ultraviolet extrême,* 1500 à 1000 U. A.), sont peu connues ; ces radiations étant très absorbables, on doit, pour les étudier, opérer dans le vide, et employer non plus des prismes, mais les réseaux concaves, fonctionnant par réflexion, imaginés par Rowland en 1883.

On se trouve donc en présence de quantités considérables d'énergie, s'offrant à nous sous une forme nouvelle, et il est tout naturel qu'on ait songé à les utiliser. Le pouvoir stérilisant a le premier attiré l'attention, et l'invention des lampes en quartz à vapeur de mercure a permis d'envisager la possibilité d'applications pratiques. M. Courmont réclame la priorité, dans cet ordre d'expériences, pour ses travaux faits en collaboration avec M. Nogier (1). Utilisant la lampe à vapeur de mercure de Kromayer, les deux savants constatèrent, au moyen d'un dispositif de leur invention, que les radiations stérilisantes pouvaient agir sur l'eau, *préalablement filtrée,* jusqu'à une profondeur de 30 centimètres. D'autres expérimentateurs, comme MM. Miquel, V. Henri, etc. ont également étudié la question, et de l'ensemble de leurs travaux résultent des constatations fort intéressantes. Les rayons ultra-violets se sont révélés des agents de stérilisation d'une puissance extraordinaire. M. Miquel, chargé par la Ville de Paris d'expérimenter le nouveau procédé, a obtenu entre autres les résultats suivants : de l'eau préalablement souillée à raison de 55 200 000 bacilles du côlon *(bacillus coli)* et de 3 595 000 bactéries ordinaires par litre passait dans un appareil dont le débit était de 180 litres à l'heure ; la stérilisation a été reconnue absolument parfaite. Mieux encore : dans une autre expérience, M. Miquel a employé, pour contaminer l'eau, le *bacillus mesentericus ruber,* dont les spores peuvent résister à la température de 100°, maintenue pendant plusieurs heures ; cette fois encore, dans chaque expérience, la stérilisation a été complète et, vu la rapidité de la circulation de l'eau dans l'appareil, presque instantanée.

On ne s'en est pas tenu à des expériences de laboratoire, et dès à présent il existe des appareils en fonctionnement, soit pour

(1) Rev. gén. des Sc., 30 avril 1911, p. 333.

de petites installations, soit même pour les distributions d'eau d'agglomérations étendues.

Une question s'est naturellement posée à ce propos : tout avantageux qu'il pût être, le procédé n'allait-il pas être trop coûteux? La comparaison a été faite avec le système bien connu de la stérilisation par l'ozone, et on est arrivé aux conclusions suivantes (1) : pour 1000 m³ d'eau de rivière, préfiltration comprise, l'ozone exigeait de 64,8 à 130 kilowatts-heure ; les rayons ultra-violets, d'autre part, consommaient, pour un travail de 500 m³ par jour et par lampe, 69,2 kilowatts-heure, chiffre qui, selon l'auteur, pourrait être abaissé à 49, si l'on parvenait à passer de 500 à 1000 m³, mais il faut ajouter à cela le prix du remplacement des lampes, qui n'ont qu'une durée limitée, variant avec le dispositif adopté. Toutefois, même si, actuellement, l'emploi des rayons ultra-violets est un peu plus coûteux que celui de l'ozone, il faut cependant lui reconnaître des avantages appréciables, notamment la grande simplicité du fonctionnement et l'encombrement minimum. En outre il est incontestable que le prix élevé des lampes ne se maintiendra pas indéfiniment, à mesure surtout que leur emploi se généralisera et que de nouveaux procédés, surtout pour ce qui regarde la construction des pièces en quartz, se feront connaître.

Le principe des appareils pour la stérilisation de l'eau est partout le même : l'eau, préalablement filtrée, si c'est nécessaire, est amenée dans un réservoir à l'intérieur duquel se trouvent une ou plusieurs lampes à vapeur de mercure, et obligée de passer assez près de celles-ci pour être complètement traversée par le rayonnement. A titre d'exemple, citons l'appareil imaginé par M. V. Henri, en collaboration avec MM. Helbronner et De Recklinghausen (2) ; en voici la description : « La lampe est placée dans une boîte rectangulaire, dont trois faces parallèles au tube lumineux sont formées par des plaques de quartz. Cette boîte contenant la lampe est placée dans un appareil de forme demi-circulaire, à l'intérieur duquel se trouvent cinq chicanes. L'eau suit un chemin compliqué et subit ainsi l'action des rayons ultra-violets... Nous avons adjoint à cet appareil une soupape de sûreté, de sorte que, si la lampe s'éteint, l'eau, au lieu de passer dans l'appareil, s'écoule directement dans l'égout... » Trois sté-

(1) Bulletin de l'Institut Pasteur, 15 novembre 1911, article de M. Marmier, cité par la Revue scientifique, du 13 janvier 1912.

(2) Comptes rendus, 17 octobre 1910, pp. 671-679.

rilisateurs de ce genre, construits par la Cooper-Hewit Westinghouse Co., ont été installés pour la distribution d'eau de Maromme-lez-Rouen ; le principal a un débit de 600 m³ en 24 heures.

On a pu constater que, dans l'appareil qui vient d'être décrit, la lampe n'était pas immergée. Dans d'autres dispositifs, au contraire, la lampe est plongée dans le liquide. Les deux systèmes ont leurs partisans et leurs détracteurs. Ici, en effet, se présente une difficulté : les lampes à vapeur de mercure, fonctionnant à haute température, perdent rapidement une bonne partie de leur pouvoir photochimique. Cette diminution progressive du rendement en rayons très réfrangibles semble due, d'après MM. Courmont et Nogier (1), « à une modification de la paroi *intérieure* du tube de quartz, qui se recouvre peu à peu d'un enduit grisâtre (peut-être du silicate de mercure : Bordier et Morel). Elle pourrait aussi être due à une modification de la composition gazeuse du milieu où se produit l'incandescence de la vapeur de mercure. » Et voici leur conclusion : « il faut donc éviter l'élévation de la température du quartz, en refroidissant convenablement les lampes pendant leur fonctionnement ». Dans ce but, les lampes destinées à l'éclairage sont à présent munies d'ailettes aux deux électrodes, et, pour les appareils de stérilisation, on emploie, soit le même procédé, soit l'immersion directe, de façon que l'eau, circulant autour du tube, le maintienne à une température suffisamment basse.

Il semble, à première vue, que cette manière d'opérer s'impose : le refroidissement est assuré et d'autre part, vu la circulation rapide, l'élévation de la température du liquide est peu sensible ; en outre l'action du rayonnement est plus immédiate. Tout cela est vrai, mais il y a une objection : la lampe immergée consomme beaucoup plus d'électricité ; même en doublant l'ampérage, on n'obtient pas encore un rendement égal à celui d'une lampe non immergée. Qu'en faut-il conclure ? A notre avis, pour les installations importantes, produisant elles-mêmes, à bon compte, l'énergie électrique dont elles ont besoin, il sera plus avantageux d'employer les lampes immergées ; leur durée beaucoup plus longue et leur plus grande efficacité auront vite compensé la dépense supplémentaire en courant. Pour les petites installations, appareils de ménage, de laboratoire, etc., utilisant le courant fourni par des usines centrales, l'autre système peut

(1) Comptes rendus, 19 juin 1911, p. 1747.

être plus économique : cela dépendra du tarif suivant lequel l'énergie électrique est fournie aux consommateurs.

Comme appareils à grand débit employant les lampes immergées, nous pouvons citer ceux de l'ingénieur français Billon-Daguerre, dont certains modèles, à trois lampes, ont un débit de 100 m^3 à l'heure.

La stérilisation des autres liquides a été également tentée, mais une nouvelle difficulté s'est présentée : les substances colloïdales se montrent très opaques pour les rayons ultra-violets (1), et les liquides qui en contiennent, comme le vin, la bière, etc., ne peuvent par conséquent être traités par le même procédé de stérilisation que l'eau. Il en est de même pour le lait; les radiations stérilisantes sont impuissantes à le traverser même sous l'épaisseur d'un ou deux millimètres. Pour obtenir un résultat satisfaisant, il fallait donc les faire agir sur des couches extrêmement minces de liquides. Voici une application de ce procédé à la stérilisation du lait : la lampe à vapeur de mercure est placée à l'intérieur d'un récipient ouvert, de forme cylindrique, lequel a pour support l'axe d'un petit moteur électrique placé en dessous. Quand on veut faire fonctionner l'appareil, on amène le lait dans le récipient, par une tubulure assez étroite, débouchant tout contre la paroi, à la partie supérieure ; le récipient lui-même est entraîné dans un mouvement circulaire très rapide par le moteur électrique, — la lampe naturellement restant fixe — et le lait descend le long de la paroi, en couche très mince. Après avoir été de la sorte exposé complètement et pendant un temps suffisant aux radiations stérilisantes, le liquide passe du cylindre mobile, dont la partie inférieure est également ouverte, dans une partie fixe où il est recueilli. Ce dispositif très ingénieux donne de bons résultats, mais n'est guère pratique que pour de petites installations.

Un autre procédé consiste à placer la lampe à vapeur de mercure à l'intérieur d'un cylindre à double paroi ; l'intervalle laissé entre la paroi intérieure, en quartz, et l'enveloppe extérieure, est aussi réduit que possible. Le liquide, amené par la partie supérieure, s'écoule lentement et en couche assez mince par cet intervalle, et subit pendant ce temps l'action des radiations émises par la lampe. Si l'appareil est bien construit, ce procédé

(1) Comptes rendus, 2 août 1909, p. 364. Note de MM. Courmont et Nogier ; *ibid.*, p. 365, note de Mlle P. Cernovodeanu et M. V. Henri.

doit donner des résultats satisfaisants ; il nous semble toutefois que celui que nous avons signalé en premier lieu est préférable, car l'exposition de *tout* le liquide aux radiations actives est mieux assurée, grâce au peu d'épaisseur de la couche. Toutefois, si on parvient à obtenir, pour le second, un réglage suffisamment parfait, permettant un écoulement très régulier et en couche mince du liquide, ce procédé aurait à coup sûr l'avantage de la simplicité et permettrait, plus facilement que le précédent, la construction de stérilisateurs de grandes dimensions, utilisant une ou plusieurs lampes.

Jusqu'à présent — en laissant de côté les applications médicales, dont nous n'avons pas à parler ici — seul le pouvoir stérilisant des rayons ultra-violets a été l'objet d'applications pratiques. S'en tiendra-t-on là? Il faut espérer que non : nous nous trouvons ici en présence de quantités considérables d'énergie, qu'il serait déraisonnable de laisser sans emploi. L'étude du pouvoir photochimique des rayons ultra-violets nous semble assez avancée pour qu'on puisse dès à présent songer aux applications industrielles. A notre avis, il y a, sous ce rapport, deux choses à faire : tout d'abord, examiner quelles sont, parmi les nombreuses réactions chimiques produites au cours des expériences qui se font quotidiennement, celles qui peuvent trouver place dans les procédés de chimie industrielle. Les rayons ultra-violets peuvent entrer dans la technique de l'industrie comme instruments de travail proprement dits, produisant à meilleur compte ou plus rapidement des opérations produites auparavant soit par de fortes élévations de température, soit par des procédés longs et compliqués ; on a déjà fait observer, par exemple, que leur place semblait tout indiquée dans l'industrie du blanchiment. Ils peuvent encore être utilisés, vu leur action énergique sur un très grand nombre de composés chimiques, comme agents d'analyse ou d'épreuve : c'est ainsi que de récentes expériences de MM. Berthelot et Gaudechon (1) nous montrent qu'on pourrait fort bien s'en servir pour étudier la stabilité de certains explosifs.

En second lieu, il faudra étudier les différentes sources lumi-

(1) Comptes rendus, 11 décembre 1911, p. 1220. Note de MM. D. Berthelot et H. Gaudechon *Sur la stabilité de divers types de poudre sans fumée vis-à-vis des rayons ultra-violets.*

neuses au point de vue de leur rendement et des perfectionnements à y apporter. La lampe à vapeur de mercure semble pour le moment la plus pratique, mais il est intéressant à signaler ici que, pour obtenir un résultat déterminé, il n'est pas indifférent de prendre n'importe laquelle de ces lampes. Comme nous l'avons déjà dit, les actions chimiques varient avec la longueur d'onde, et si toutes les lampes à vapeur de mercure reposent sur le même principe, il n'en est pas moins vrai que des procédés différents de construction (forme et épaisseur du tube, nature et température des électrodes, etc.), peuvent influer sur la nature et l'intensité du rayonnement et provoquer des différences dans le rendement en ultra-violet, et, par le fait même, suivant que telle ou telle partie du spectre sera plus intense, dans les actions photochimiques. Citons-en un exemple d'après MM. Buisson et Fabry (1) : « l'oxygène est partiellement transformé en ozone par les radiations de très petite longueur d'onde, probablement au-dessous de 2000, qui sont justement celles que l'oxygène absorbe fortement ; mais, d'autre part, l'ozone est décomposé par les rayons de la région 2600, où se trouve sa bande d'absorption. Suivant la composition du rayonnement total, on aura un ensemble qui donnera de l'ozone ou le détruira. Il pourra s'établir un équilibre correspondant à une teneur en ozone plus ou moins forte. C'est ainsi que la lampe à vapeur de mercure en quartz d'Heræus donne de l'ozone, tandis que la même lampe à régime poussé (lampe A. E. G., lampe Westinghouse) n'en donne pas. »

Bien des choses pourraient encore être dites sur les rayons ultra-violets, en particulier sur leur activité photochimique proprement dite, au sujet de laquelle nous n'avons donné que quelques détails. Nous espérons cependant en avoir dit assez pour faire comprendre l'intérêt qu'il y a, non seulement pour les physiciens et les chimistes, mais aussi pour ceux qui s'occupent de technique industrielle, à examiner de plus près les remarquables propriétés de ces radiations et la possibilité de les utiliser. Après la chaleur et l'électricité, la lumière à son tour vient prêter son concours à l'industrie humaine et nous pouvons conclure, avec un auteur récent, qu' « il n'est pas besoin

(1) Revue générale des sciences, *l. c.*, p. 319.

d'être prophète pour prédire un âge de la photomécanique et de la photochimie industrielles (1) ».

C. Gillet, S. J.

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

Les publications intéressant les produits tropicaux deviennent de jour en jour plus considérables et il n'est presque pas possible de se tenir complètement au courant de tout ce qui est publié sur ces questions. Nous passerons rapidement en revue quelques livres récents sur ce sujet.

Les fruits. — Parmi les productions tropicales, les fruits peuvent être considérés comme les plus importantes.

Il y a, dans la culture des fruits, des bénéfices certains à réaliser tant par leur vente sur place que par leur exportation vers la métropole. La culture de plantes fruitières est même parvenue à modifier, dans une très large mesure, la géographie économique de certaines régions.

Nous n'insisterons pas autant que nous le voudrions sur cette question très complexe. En effet, à côté des difficultés de l'exploitation des cultures et celles inhérentes à la constitution d'un marché sur place, il y a la très grave question de transport au delà des mers qui soulève toute une série de problèmes qui sont loin d'être résolus.

D'autre part, bien que cette question des fruits tropicaux soit de la plus haute importance, il est jusqu'à présent difficile aux non initiés de se rendre un compte exact de sa valeur, car il n'y a pas sur la matière de travaux d'ensemble.

L'exploitation rationnelle des plantes fruitières, du moins de celles qui à première vue ont une importance secondaire, parce que peu connues dans nos régions tempérées, n'est pas aisée : les données culturales que l'on possède sur elles se trouvent très

(1) R. Luther, *Aufgaben der Photochemie*. Leipzig. 1905 ; cité par W. Nernst, *Traité de Chimie Générale*, traduction française par A. Corvisy, t. II, p. 389.

dispersées et jusqu'à ce jour, on n'avait pas essayé de faire une synthèse des documents déjà réunis, on n'avait pas cherché à fusionner en un tout, maniable, les renseignements botaniques, géographiques, agronomiques, commerciaux et industriels qui auraient pu être recueillis par les producteurs.

M. P. Hubert vient de combler en partie cette lacune en publiant le premier volume de ses *Fruits des pays chauds* (1), dans lequel il consacre plus de 700 pages à l'étude générale des fruits.

Ce volume sera bientôt suivi d'un second : *Industrie du fruit*, qui sera aussi le bienvenu, car sur cette seconde partie de la question si intimement liée à la première, on ne trouve guère que des travaux épars.

Nous ne pouvons donner ici une idée des matières traitées dans ce livre : fournir la simple énumération des fruits étudiés et l'indication de leurs propriétés et de leurs conditions d'emploi, serait reproduire la table des matières, qui prend à elle seule une vingtaine de pages.

Ne l'oublions pas, certaines industries fruitières ont fait la fortune de régions tropicales, le planteur, le commerçant et même le consommateur ne pourront avoir l'œil assez largement ouvert de ce côté.

Le riz. — S'il est un produit agricole colonial qui devrait attirer l'attention, c'est bien le riz. A diverses reprises, nous avons déjà signalé ici cette importance en rappelant des publications diverses qui ont traité des questions de plantes vivrières en tête desquelles se place le riz.

Le riz est une de ces plantes dont la patrie est inconnue, une de ces plantes introduites en culture chez tous les peuples et qui, par suite de cette immense extension, a donné lieu à des variétés innombrables, sur la valeur desquelles, malheureusement, bien peu de données ont été réunies.

M. A. Coquerel de la chambre de commerce de Saïgon vient de consacrer aux Riz et Paddy, de Cochinchine, un volume sur lequel il y aurait lieu de s'étendre longuement, car il renferme un exposé très intéressant de certaines faces de la question très compliquée des riz (2).

(1) *Fruits des pays chauds*, tome I, 1 vol., 728 pages et fig., Paris, 1912, H. Dunot et E. Pinat, Paris.

(2) A. Coquerel. *Paddy et Riz de Cochinchine*, Lyon, 1911, Paris, Berthet, Charrière et Cie, 7 cité. Paradis, 1 vol. in-8°, 224 p., XVI, tableaux hors text.

L'auteur a réuni à titre documentaire, nous dit-il, le nom des principales variétés de riz cultivées en Cochinchine durant ces dernières années, en les classant sous les rubriques : riz hâtifs, riz de saison, riz tardifs, riz de trois et quatre mois, riz flottants. Ces listes comportent plus de 500 noms.

Pour M. Coquerel, la plupart de ces variétés présentent peu de différences entre elles; elles portent sur la hauteur des tiges et leur résistance, la forme et la couleur des feuilles, la grosseur, la dureté, la couleur et la saveur des graines.

Naturellement, certains noms de ces listes devront être considérés comme des synonymes appliqués, par les indigènes de provinces et de régions différentes, aux mêmes plantes; mais ce sera là une besogne de l'avenir.

L'énumération des divers caractères de ces variétés sortait peut-être du cadre du travail de l'auteur, mais nous ne pouvons être d'accord avec lui quand il croit pouvoir affirmer que cette énumération, indiscutablement longue et peut-être fastidieuse pour le grand public, est sans intérêt. Nous croyons, au contraire, qu'il y a, dans la connaissance de ces caractères, un intérêt immense. Car comment arriver à faire de la bonne sélection comme le veut d'ailleurs M. Coquerel, sans bien connaître les variétés locales qu'il s'agit de mettre en valeur?

Il y a là une étude qu'il convient de pousser. Un premier pas a été fait, on le sait, par la publication de la *Literature on the Races of Rice in India*, faite par M. I. Burkill, dans The Agricultural Ledger, 1910-1911, de Calcutta.

Nous ne pouvons naturellement ici analyser comme il faudrait le travail de M. Coquerel, tant de choses y seraient à mettre en évidence. Il faudrait insister sur la valeur des terres de Cochinchine, valeur qui est due non seulement à la richesse propre en matières assimilables pour la plante, mais encore au fait que l'eau d'irrigation amène constamment de nouvelles particules d'humus et de ce que les chutes d'eau apportent au sol une quantité notable d'azote.

L'auteur fait ainsi ressortir une fois de plus l'importance de l'irrigation, mais, on le sait, l'irrigation demande à être étudiée en détail, car toutes les substances en suspension dans l'eau d'irrigation sont loin d'être équivalentes entre elles.

Il est un autre fait sur lequel l'auteur insiste, c'est l'action de l'état hygrométrique de l'air sur la culture du riz et sur la qualité du produit. M. Coquerel fait remarquer, avec raison, que la Caroline du sud, dont les rizières sont balayées par les vents

du sud chargés d'humidité, produit le riz le plus estimé en Europe; il en est de même pour l'île Japonaise de Kiushu, qui se trouve sur le chemin des courants chauds de l'Océan pacifique.

M. Coquerel est naturellement amené à parler dans son livre du matériel de culture et de la main-d'œuvre.

Le premier doit être amélioré et pourra facilement l'être; l'emploi de nouveaux instruments appropriés aux travaux permettra d'obtenir de meilleurs résultats. Mais la question main-d'œuvre est plus difficile à résoudre. Là, comme ailleurs, les bras manquent et le prix du travail augmente. M. Coquerel fait également ressortir, et ceci est de grande importance pour l'avenir économique de la colonie française, comme d'ailleurs pour celui de toutes les colonies, que la réglementation du travail ne protège pas toujours suffisamment l'employeur.

M. Rondet-Saint, dans un livre récent, est lui aussi revenu sur cette idée que trop souvent on met en vedette qu'il faut traiter les noirs comme on traite des Européens. Certes il faut être homme et agir en homme. « Mais, comme le dit M. Rondet-Saint, je veux seulement faire ressortir la niaiserie qu'il y a à vouloir appliquer à ces gens dont la cérébralité ressemble à la nôtre comme un poisson à une pomme, certaines théories égalitaires et démocratiques qui, apparemment défendables dans un grand quotidien, dans un salon bien parisien, ou à la tribune devant un auditoire d'arrondissementiers, paraissent, analysées « à pied d'œuvre », seulement bonnes à amuser des gâteux (1). »

M. Coquerel consacre dans son livre un chapitre à l'industrie et deux au commerce.

Nous ne le suivrons pas dans ces exposés, ni dans celui des statistiques très détaillées qu'il a reportées sur plusieurs tableaux.

Le but très louable poursuivi par l'auteur, est de chercher à inciter les producteurs cochinchinois à produire plus de riz et surtout des graines de bonne qualité. Pour arriver à ce but il les pousse à améliorer leurs semences, leurs procédés de culture et leurs instruments de préparation du riz blanc.

Il pense, et je crois que tous ceux qui étudient d'un peu près les questions coloniales seront d'accord avec lui, que l'emploi d'engrais appropriés augmentera le rendement et que les trois

(1) M. Rondet-Saint, *Dans notre empire noir*, Paris, Plon-Nourrit et Cie, 1912, rue Garancière, 8.

grosses questions : main-d'œuvre, culture mécanique, culture intensive, une fois solutionnées, la Cochinchine pourra disposer non pas de 1 à 1,5 millions de tonnes de riz pour l'exportation, mais de 3 à 4 millions.

Les eucalyptus. — A côté de ces matières tropicales utilisables dans l'alimentation, tant des indigènes que des blancs et capables aussi de procurer des éléments au commerce, il faut compter celles qui sont employées dans l'industrie.

Parmi les plantes industrielles, les *Eucalyptus* méritent une mention spéciale.

Nous ne pouvons nous étendre ici longuement sur ces plantes; nous voudrions cependant appeler l'attention des lecteurs sur une publication de M. R. de Noter qui pourra rendre de grands services (1).

Un de ces *Eucalyptus,* le « Blue gum » ou *Eucalyptus globulus* possède des emplois multiples, et beaucoup de ses congénères partagent plusieurs de ses propriétés.

M. de Noter résume les principales qualités de cet arbre comme suit ; il donne :

1° un bois de chauffage de première qualité ;

2° un bois de charpente de choix, du moins pour plusieurs espèces;

3° un bois d'ébénisterie de haute valeur décorative;

4° des traverses de chemins de fer de longue durée et des poteaux télégraphiques durables et flexibles;

5° une essence de reboisement et d'assainissement de premier ordre;

6° une matière première de valeur pour la fabrication du papier.

Nous n'insisterons pas davantage, il y a encore d'autres utilisations possibles; nous ajouterons pour faire ressortir la valeur du travail auquel nous faisons allusion, que, outre les descriptions des principales espèces utilisables du genre, leur culture et leur exploitation, le livre nous donne des figures de plusieurs d'entre elles, ce qui pourra permettre au planteur, et au voyageur, de s'orienter dans la connaissance des plantes de ce genre.

(1) R. de Noter, *Les Eucalyptus, Culture, Exploitation, Industrie, Propriétés médicinales,* 1 vol. in-8°, 120 p., 37 fig., Paris, A. Challamel, 1912.

Le caoutchouc. — Dans le domaine du caoutchouc, les publications sont légion. Nous avons à diverses reprises signalé ici l'apparition de manuels destinés à donner sur la très vaste question du caoutchouc des aperçus généraux.

Nous avons le plaisir d'attirer cette fois l'attention sur un petit livre allemand publié dans le même but (1).

L'ouvrage très condensé — il ne comporte que 128 pages de texte — passe en revue l'origine du caoutchouc et les plantes productrices; il essaie un parallèle entre le caoutchouc provenant de plantes sauvages et celui de plantes de culture.

L'ouvrage n'est pas destiné aux planteurs, mais bien au grand public et aux industriels qui utilisent depuis quelques années de plus en plus ce produit et auront grand intérêt à avoir sur l'origine du caoutchouc brut, sur le commerce de ce produit, sur sa constitution chimique des renseignements précis.

L'auteur s'est donc étendu sur la partie fabrication, et dans celle-ci, il offre aux non-initiés des indications intéressantes qui lui permettront de juger des transformations nombreuses que doivent subir les produits bruts avant d'arriver à pouvoir être utilisés par l'industrie.

L'auteur a donné en annexe une liste de publications à consulter; elle est malheureusement un peu sommaire, des ouvrages de très haute importance n'y sont pas signalés, mais telle qu'elle est elle pourra rendre des services.

Les matières grasses. — Dans le domaine des productions coloniales, les matières grasses attirent de plus en plus l'attention. Il y a en effet place de par le monde pour l'utilisation d'une quantité de plus en plus grande de matières grasses et ce ne sont guère que les régions tropicales qui seront capables de satisfaire à la demande croissante.

Malheureusement, on trouve rarement sur ces matières grasses des renseignements synthétisés, c'est pourquoi nous signalerons ici avec plaisir les livraisons 27, 28, 29 et 30 du déjà célèbre *Handbuch der Pharmakognosie*, du prof. A. Tschirch de l'université de Berne, qui sont presque totalement consacrées à l'étude des matières grasses, parmi lesquelles les huiles végétales ont naturellement la plus grande importance (2).

(1) K.-W. Wolf-Czapek, *Der Kautschuk, seine Gewinnung und Verarbeitung*, in-16, 130 p., 50 fig. dans le texte, Berlin, Blücherstrasse, 31. Union Deutsche Verlagsgesellschaft.

(2) Prof. A. Tschirch, *Handbuch der Pharmakognosie*, Leipzig, Ch. Hern Tauchnitz.

Nous ne pourrions naturellement passer en revue les matières oléagineuses si consciencieusement étudiées par M. le professeur Tschirch ; disons cependant que le colonial, planteur ou négociant, et l'industriel trouveront dans ces fascicules, copieusement illustrés, des indications nettes sur les matières grasses d'origine tropicale ou subtropicale suivantes : cotonnier arachide, sésame, ricinier, cocotier, *Elaeis*, cacao, pour ne citer que les principales.

Chaque huile est traitée d'une manière monographique et le chapitre qui lui est consacré est accompagné d'une littérature souvent assez étendue.

Ce *Handbuch* du savant professeur de Zurich est un ouvrage que devraient d'ailleurs avoir sous la main tous ceux qui s'intéressent d'une façon quelconque aux produits commerçables et en particulier ceux qui ont à s'occuper de commerce aux colonies ou avec les colonies.

Les plantes médicinales. — En 1911, au Congrès pour l'avancement des sciences tenu à Dijon, le Dr Aug. Chevalier et moi-même nous avons insisté sur les plantes communément cultivées par les noirs de l'Afrique occidentale française et du Congo belge ; cette étude a donné naissance à deux travaux sur lesquels nous n'avons pas à nous étendre ici. Si nous les avons rappelés, c'est uniquement pour faire remarquer qu'à côté des plantes cultivées ou exploitées par les noirs pour leurs industries ou pour leur nourriture, il est une autre catégorie de végétaux qui elle aussi mériterait d'être étudiée.

C'est celle des plantes médicinales.

Pour la plupart des colonies africaines, une telle étude n'a pas été faite d'une façon méthodique, il existe des notices éparpillées, mais pas de travail d'ensemble. M. H. Pobéguin, un des explorateurs de la Guinée française a réuni en un fascicule les données qu'il a recueillies durant ses voyages, sur les plantes médicinales de cette colonie française.

Ce travail comporte environ 80 pages et contient l'énumération de près de 200 plantes dont diverses parties sont employées dans la médecine indigène (1).

Quelle est exactement la valeur de ces médicaments ? Certes il

(1) H. Pobéguin, *Les plantes médicinales de la Guinée*, 1 vol. in-8°, 85 pages, Paris, A. Challamel, 1912.

en est sans valeur, mais il est d'autres très utilisables et dont la médecine européenne pourrait, peut-être, tirer parti.

Cette très intéressante étude forme un chapitre de l'œuvre que M. H. Pobéguin a publiée naguère sur la Guinée sous le titre : *Essai sur la Flore de la Guinée*, et il serait à souhaiter que l'exemple donné par le naturaliste-explorateur français fût suivi. Il y a là, pour le botaniste, comme pour le colon et le résident colonial un sillon à poursuivre.

Bien qu'incomplète, cette étude pourra rendre des services à ceux de nos voyageurs qui s'intéressent aux plantes et à la santé de tous ceux qui résident dans les Colonies.

É. D. W.

AUGUSTE BEERNAERT

Au nom de la *Société scientifique de Bruxelles*, la rédaction de cette Revue s'associe avec un pieux respect au deuil où la Belgique catholique se trouve plongée par la disparition d'un de ses illustres enfants, M. Auguste Beernaert.

Nous ne pouvons, en quelques pages, retracer la carrière professionnelle et politique du jurisconsulte et de l'homme d'État ; rappeler ses succès oratoires au Barreau et à la Tribune ; apprécier les services signalés dont la grandeur morale et la prospérité matérielle de notre pays, l'œuvre de la Paix et la cause de la Civilisation africaine sont redevables à sa haute intelligence et à son inlassable activité. Nous devons nous borner à marquer à grands traits les étapes principales d'une vie si noblement remplie.

Auguste-Marie-François Beernaert est né à Ostende le 26 juillet 1829 ; il est mort à Lucerne, le 6 octobre dernier, après une courte maladie, plein de jours, riche d'honneurs et réconforté par les secours de la Religion.

Docteur en droit de l'Université catholique de Louvain, M. Beernaert était avocat à la Cour d'appel de Bruxelles dès 1853, et avocat à la Cour de cassation depuis le 11 avril 1859 ; il fut plusieurs fois bâtonnier de l'Ordre et président de la Fédération des avocats belges.

Membre de la Chambre depuis le 4 août 1874, le représentant de Thielt-Roulers était le doyen de la

législature actuelle dont il présidait, en cette qualité, la session de juillet de cette année.

M. Beernaert fut successivement Ministre des Travaux publics de 1873 à 1878 ; Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics en juin 1884 ; Chef du cabinet et Ministre des finances du 24 octobre 1884 au 28 mars 1894 ; président de la Chambre du 30 janvier 1895 au 7 mai 1900, et Ministre d'État depuis 1894.

La politique fut loin cependant de l'absorber tout entier.

La place que M. Beernaert a occupée dans les manifestations les plus variées de la vie intellectuelle de notre pays fut considérable, et ce n'est pas sans quelque fierté que ses compatriotes voyaient l'étranger s'incliner respectueusement devant ses multiples talents.

Associé de l'Institut de France (Académie des sciences morales et politiques) depuis 1898, il fut élu membre de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques de l'Académie royale de Belgique, le 8 mai 1899, sans avoir été d'abord correspondant.

La souplesse et la vigueur de son intelligence, ses vastes connaissances, l'éclat de sa personnalité lui valurent de prendre une part très active à la direction des travaux d'un nombre considérable de Commissions, de Conférences, de Congrès, de Sociétés s'occupant de littérature, des beaux-arts, d'études coloniales, d'œuvres sociales, de droit international, etc. Plénipotentiaire aux conférences de la Paix, à la Haye, et membre du tribunal d'arbitrage, son rôle, dans ces grandes assises, fut justement remarqué : les droits des neutres et des petites nations eurent en lui le plus solide et le plus brillant défenseur. Ils furent des premiers à applaudir quand le Jury Nobel décerna à M. Beernaert le Prix de la Paix.

Tandis que la réputation de l'homme d'État ne cessait de grandir, le dévouement de l'homme d'œuvres se multipliait sans compter. Sa munificence vraiment royale lui valut d'être appelé le « haut Protecteur » de l'Université catholique de Louvain. Le prestige qui entourait son nom se nuançant de plus en plus d'une affectueuse popularité, on retrouvait ce champion de toute noble cause partout au premier rang dès qu'il s'agissait d'accorder à une œuvre catholique l'appui de sa bienveillante et généreuse sympathie.

Les relations de M. Beernaert avec la *Société scientifique de Bruxelles* datent de notre année jubilaire.

Voulant témoigner de sa haute estime pour cette association de savants catholiques qui a pris pour devise cette parole du concile du Vatican : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest ;* voulant aussi rendre hommage aux travaux de nos vingt-cinq premières années, M. Beernaert accepta de présider, le 9 avril 1901, la première assemblée générale de nos fêtes jubilaires. Quelque temps après, il honorait notre Société en devenant son Président d'honneur.

Dans maints de nos Congrès, chaque fois que les exigences des multiples devoirs qu'il avait assumés le lui permirent, nous le retrouvâmes à notre tête ; il était aux côtés du Prince Albert de Belgique, aujourd'hui notre Roi, le jour où Son Altesse Royale daigna honorer de sa présence une de nos assemblées générales.

En 1906, notre président d'honneur représentait la Société scientifique au centenaire de Le Play, et nous lui devons le bel article consacré, dans cette Revue (1), à la mémoire du grand économiste français.

Mais M. Beernaert fut pour nous plus qu'un protecteur dévoué, dont les multiples démarches et la haute

(1) Troisième série, t. IX, 20 avril 1906, p. 353.

influence contribuèrent à l'accroissement de notre Société : il devint notre collaborateur en acceptant, à plusieurs reprises, la présidence effective de la Ve section qui s'occupe d'Économie sociale.

En le voyant naguère encore prendre part aux travaux de cette section, la vigueur physique, la force morale, la jeunesse d'esprit et la féconde activité de notre illustre collègue nous faisaient oublier qu'il touchait aux limites de la vie humaine. Il était de ces vieillards dont les années respectent la verdeur, que le travail n'use pas et qui sous la couronne de leurs cheveux blancs gardent la taille droite et le visage dispos. Volontiers on l'eût comparé au rocher que la tempête assaille et n'ébranle pas.

L'illusion hélas ! devait bientôt se dissiper cruellement.

Trop confiant peut-être dans sa robuste santé, nulle fatigue physique n'effrayait ce jeune homme de quatre-vingt-trois ans. Il y a quelques semaines, partant pour Lucerne où il allait présider l'*Union interparlementaire*, il acceptait de collaborer aux travaux de la *Semaine coloniale* qui devait se réunir à Bruxelles le 9 octobre. Ce jour-là, M. Beernaert n'était plus, et c'est par un hommage ému rendu à sa mémoire que M. Alexandre Braun, qui présidait la première séance, saluait la fin de cette longue et glorieuse carrière.

Le nom de M. Beernaert restera inscrit parmi ceux des plus illustres enfants de la Belgique catholique.

La Société scientifique reconnaissante gardera sa mémoire ; elle sollicite de ses membres une prière pour le repos éternel de ce vaillant chrétien.

La Rédaction.

HENRI POINCARÉ

1854-1912

Tout récemment, les Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo contenaient un mémoire de M. Poincaré, dont la préface résonnait comme un glas funèbre.

Jamais, disait l'illustre auteur, je n'ai publié un travail aussi inachevé, mais plusieurs années, peut-être, seraient nécessaires pour arriver au terme, et à mon âge saurait-on répondre de l'avenir?... C'était un bien douloureux pressentiment et, hélas, peu de temps après, M. Henri Poincaré rendait le dernier soupir, épuisé par la maladie qui s'était déclarée à Rome, en 1908, pendant le Congrès International des Mathématiciens.

Sa mort a été très vivement ressentie par les savants du monde entier, qui acclamaient en lui le « prince des géomètres ». Les Français ont été tout particulièrement éprouvés, tant ils ont compris, à cet instant, quelle force morale c'est pour une nation que de posséder l'homme le plus éminent, le plus compétent, le plus génial dans un domaine du savoir, dans une direction de la pensée.

Plus nous le trouvons grand et plus difficile est la tâche de rendre hommage à un savant illustre.

Peu d'esprits sont de taille à mesurer ce grand esprit. On pourrait même dire que M. Poincaré avait,

sur certains horizons très mystérieux de la science, des intuitions qu'aucun autre homme, peut-être, ne saurait, présentement, revivre et reconstituer dans leur obscur bourdonnement, dans leur pâle et chaude lumière, dans leur murmure lointain comme celui d'un écho incertain, dans leur réalité souple et fuyante, dans leur fluide palpitation...

Nul ne sait exactement ce que contenait cette tête algébrique.

Dès lors, qu'importe que le génial penseur soit apprécié par un savant ou par un étudiant de vingtième année ?

Tel est le sentiment qui me justifie à mes propres yeux lorsque je vais essayer de parler de l'œuvre de M. Poincaré, ou bien plutôt, lorsque je vais donner libre carrière à mes sentiments d'admiration devant cette œuvre ample et profonde, étincelante.

Avant d'analyser — brièvement — l'œuvre, que dire de l'homme ? Chacun sait que M. Poincaré est sorti de l'École Polytechnique, le premier de sa promotion, qu'il appartenait au « Corps des Mines », mais qu'il n'inspecta pas très souvent le sous-sol, une remarquable thèse d'Analyse mathématique l'ayant introduit, tout jeune ingénieur, dans l'Université et, presque d'emblée, en Sorbonne.

J'ai écouté des leçons de lui, sur la Mécanique céleste. Dès le début, en un instant, le tableau noir était couvert de formules et on avait une impression extraordinaire de puissance ; le débit était rapide et sûr. Je ne puis m'empêcher de préférer la manière de M. Émile Picard... La leçon de M. Picard est une conférence, une causerie, qui commence toujours par un résumé synthétique des résultats précédents ou des faits admis, puis, doucement, insensiblement, avec beaucoup d'art, M. Picard nous élève très haut et nous entraîne très loin, sans fatigue, tant il a soin d'éviter ce qui, n'étant pas essentiel, pourrait ralentir la

marche et obscurcir l'horizon, sans aucun profit essentiel. C'est exquis.

Les leçons de M. Picard ont une élégance, un aspect esthétique et pittoresque tout à fait remarquables ; celles de M. Poincaré étaient infiniment plus austères.

N'avait-il donc pas le sens esthétique développé ? Non certes !

M. Poincaré a parlé plusieurs fois, d'une manière admirable, de « l'art dans la science ». Mais M. Poincaré gardait ses impressions pour lui, se livrait fort peu, même avec ses confrères de l'Institut, à plus forte raison quand il était dans sa chaire.

Il était cependant, à ses heures, un très brillant et agréable causeur et je me rappelle avoir assisté à une réunion (1) où M. Poincaré soutint, avec beaucoup d'animation, une conversation géographique avec le Prince Roland Bonaparte, après quoi il nous dit les choses les plus fines sur les examens, les concours et sur les candidats féminins aux diplômes universitaires. Il me parut plutôt anti-féministe ; peut-être était-ce pour être agréable à la maîtresse de maison...

M. Poincaré était très bienveillant envers les étudiants qui lui demandaient des conseils, à la condition expresse, bien entendu, qu'ils n'entrassent pas chez lui, dépourvus de toute originalité et de quelque préparation.

Pour obtenir une réponse, encore fallait-il lui poser une question très précise.

M. Poincaré réservait, dit-on, ses rigueurs pour les affaires de candidatures académiques, mais s'il était sévère c'est parce qu'il plaçait très haut les droits supérieurs de la science. N'est-ce point très naturel ? M. Poincaré était très désintéressé ; jamais il n'a songé, comme Berthelot, à profiter de son prestige de grand savant en vue de jouer un rôle politique.

(1) Chez Madame d'Ocagne.

Ni les questions politiques ni les questions religieuses (1) ne l'ont passionné, au moins en apparence. Chez lui la pensée absorbait toutes les puissances de la vie. Quelle était donc cette pensée ?

Quoique l'œuvre *scientifique* de M. Poincaré soit infiniment plus importante, on n'en trouvera ici qu'une brève analyse et, au contraire, l'œuvre *philosophique* nous retiendra plus longuement.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Dans sa thèse, M. Poincaré a établi un théorème fondamental sur les fonctions *implicites*. Soit une fonction z définie par la relation analytique :

$$F(z, x_1, x_2, \dots x_n) = 0.$$

Si, en un point, les dérivées, par rapport à z, sont *nulles* jusqu'à l'ordre $p - 1$, celle d'ordre p n'étant pas nulle, on est ramené aux fonctions *algébriques*, c'est-à-dire que z satisfait à une relation du type suivant :

$$z^p + A_{p-1}z^{p-1} + \dots + A_1 z + A_0 = 0.$$

Grâce à ce théorème, M. Poincaré pousse la discussion des équations linéaires aux dérivées partielles infiniment plus loin que Cauchy, Mme Kowaleska, Fuchs, Briot et Bouquet (2).

(1) Je ne saurais mieux faire que de reproduire les pieuses paroles prononcées par M. Bigourdan aux funérailles d'Henri Poincaré : « ... Et vous, bien cher et regretté Confrère, vous qui avez tant exploré le domaine de l'*inconscient*, vous avez laissé ignorer quelle était au juste l'idée que votre puissant esprit s'était faite du monde mystérieux où vous venez d'entrer. C'est parce qu'on n'y fait pas acception des personnes, que vous comptiez pour si peu les honneurs qui sont venus vous chercher en foule. Mais l'amour sincère de la vérité et de la justice, la bonté, le vrai désintéressement, toutes les vertus enfin que nous vous avons connues, vous y ont fait cortège. Aussi, je ne vous dis pas adieu, mais au revoir dans cet au delà que la raison entrevoit, que le cœur devine, et où la paix est promise aux hommes de bonne volonté. » (BULL. ASTRON., t. XXIX, septembre 1912, p. 364).

(2) *Traité d'Analyse* de M. E. Picard, tome III.

Nous suivrons l'ordre historique en parlant, maintenant, de la création capitale de M. Poincaré, du « chef-d'œuvre ».

Fonctions fuchsiennes et abéliennes

Considérons une équation différentielle ordinaire, d'ordre quelconque, à coefficients algébriques, (c'est-à-dire fonctions de x et y, avec une relation $P(x, y) = 0$, P désignant un polynome). M. Poincaré intègre toutes ces équations, grâce aux *fonctions fuchsiennes*, découvertes par lui (1) de la manière suivante. Les fonctions elliptiques et abéliennes sont des fonctions *bipériodiques*, c'est-à-dire satisfaisant aux relations :

$$f(z) = f(z + \omega_1) = f(z + \omega_2)$$

(ω_1 et ω_2 sont les périodes).

Pour élargir cet horizon, M. Poincaré cherche des fonctions satisfaisant à la relation :

$$f(z) = f\left(\frac{az + b}{cz + d}\right)$$

a, b, c, d étant des constantes.

On aura alors une subdivision du plan de la variable complexe, non plus en parallélogrammes (comme pour les fonctions bipériodiques), mais en polygones curvilignes et la connaissance de la fonction dans l'*un* des polygones entraînera sa connaissance dans tout le plan. Comment ce plan est-il *pavé* par de tels polygones ; est-il pavé plusieurs fois ou une seule fois ?

Question rude ! Et c'est la géométrie non-euclidienne qui tire d'embarras M. Poincaré. Ressource tout à fait inattendue, inspiration extraordinaire. On sait que, dans les fonctions elliptiques, on arrive à construire la double périodicité par le *quotient* de deux fonctions

(1) ACTA MATHEMATICA, tomes 1, 3, 4, 5.

théta. De même les fonctions fuchsiennes seront le quotient de deux fonctions thétafuchsiennes. Lorsque a, b, c, d sont *réels*, les fonctions fuchsiennes existent, ou bien dans tout le plan, ou bien seulement dans un cercle fondamental. Lorsque les constantes sont *complexes*, le domaine d'existence est limité par une *infinité* de circonférences ou bien par une courbe non analytique et n'ayant pas de rayon de courbure. On voit donc que de tels instruments analytiques ne sont pas à rejeter a priori. La fonction *thétafuchsienne* satisfait à la relation :

$$\varphi\left(\frac{az+b}{cz+d}\right)=\frac{1}{(cz+d)^m}\,\varphi(z).$$

Par analogie avec les fonctions elliptiques, M. Poincaré définit encore la fonction *zétafuchsienne* et c'est avec ces éléments nouveaux qu'il intègre ses équations linéaires à coefficients algébriques. Il y a encore autre chose. Deux fonctions fuchsiennes d'un même groupe sont liées par une relation *algébrique*. Par suite les coordonnées d'une courbe algébrique peuvent être exprimées par des fonctions *uniformes* d'un paramètre, résultat très saisissant et qui permet de simplifier et d'éclairer la théorie des intégrales abéliennes.

Ces travaux immenses, que M. Poincaré a écrits, tout jeune encore, suffiraient pour mettre son nom parmi ceux des plus fameux géomètres de tous les temps. Créateur des fonctions dites *fuchsiennes*, ou *automorphes*, M. Poincaré n'a pas dédaigné de perfectionner la théorie des fonctions *abéliennes*.

L'inversion des intégrales abéliennes de première espèce conduit à certaines fonctions théta, mais il existe des fonctions théta tout à fait générales.

Prenons alors une fonction quelconque, bipériodique relativement à chaque variable ; cette fonction peut-elle être représentée par un quotient de séries théta ? Rie-

mann et Weierstrass ont dit oui, mais on ne possède pas leurs démonstrations.

Unissant leurs efforts, MM. Picard et Poincaré ont donné une élégante preuve de ce théorème. On sait qu'une question capitale se pose relativement aux racines des fonctions théta. La fonction théta d'*une* variable admet *un* zéro dans le parallélogramme des périodes et ce zéro est connu. Prenons le système suivant :

$$\Theta[x_1 + a_1, x_2 + a_2, \dots x_n + a_n] = 0$$

avec n équations semblables, les constantes étant b_1, b_2, ... b_n, c_1, c_2, ... c_n, etc.

Grâce à une formule de Kronecker et de M. Picard, on trouve que le nombre des solutions de ce système ne dépend ni des *périodes*, ni des *constantes* a, b, ... etc.

Alors M. Poincaré prend un cas particulier, celui où la fonction théta-abélienne est le produit de n fonctions théta-elliptiques, et il prouve que le nombre des solutions est $(1.2 \dots n)$. Résultat très saillant.

Enfin, M. Poincaré a *reconstruit* les fonctions théta, en partant de la théorie du potentiel dans l'hyperespace, en séparant le réel et le complexe. Ce travail de construction est très instructif et séduisant (1).

Courbes définies par les équations différentielles

Si nous considérons les équations différentielles *non linéaires*, nous constatons aussi la grande trace laissée par M. Poincaré. Soient X et Y des polynomes en x et y, et soit l'équation différentielle

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y}.$$

(1) American Journal of Mathematics, volume VIII. — Acta Mathematica, tomes 22 et 26. — Journal de Mathématiques, 5e série, tome I.

Construisons la courbe ainsi définie, c'est-à-dire plaçons-nous dans le domaine *réel* (1). Nous abandonnons ainsi le point de vue de Briot et Bouquet, lesquels se contentaient, provisoirement et par nécessité, d'étudier la courbe *au voisinage d'un point singulier*, étude locale, étriquée. M. Poincaré cherche la forme de la courbe, étude qualitative, et il distingue quatre sortes de points singuliers :

1° les *cols*, où passent *deux* courbes ;

2° les *nœuds*, où l'on a une *infinité* de courbes ;

3° les *foyers*, autour desquels les courbes tournent en spirale ;

4° les *centres*, autour desquels les courbes se succèdent comme des anneaux de plus en plus rétrécis.

Si l'on passe du plan à l'espace, avec les équations

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z}$$

X, Y, Z étant des polynomes en x, y, z, la discussion se complique infiniment. M. Poincaré distingue :

1° les *nœuds*, où passent toutes les solutions qui sont assez proches du point singulier ;

2° les *cols*, où viennent converger une infinité de courbes formant une surface et où passe, en outre, une autre courbe ;

3° les *foyers*, où passe une seule solution, les autres se rapprochant asymptotiquement en spirale ;

4° les *cols foyers*, où passe une seule solution, les autres se rapprochant asymptotiquement en formant une surface.

Il y a, en outre, la question de la *stabilité*, dont l'intérêt est évident au point de vue de la Mécanique céleste.

(1) JOURNAL DE MATHÉMATIQUES, 3e série, tomes 7 et 8 ; 4e série, t. 1 et 2.

Théorie des fonctions. Analysis Situs

La théorie générale des fonctions d'une variable complexe, fondée par Cauchy, a attiré M. Poincaré par sa beauté. Weierstrass a eu une idée qui, au temps de Cauchy, aurait paru bien drôle : c'est qu'une fonction *analytique* a un *domaine d'existence*, en dehors duquel elle n'a pas de prolongement. Ou bien faudrait-il donner de ce prolongement une définition absolument artificielle. On peut, évidemment, faire des conventions quelconques, dans les Mathématiques ; mais, si elles ne répondent à rien, les géomètres n'en auront cure et, d'instinct, les repousseront.

M. Poincaré a justifié l'idée de Weierstrass et a construit des exemples nouveaux de fonctions à espace lacunaire. Nous savons que Weierstrass a décomposé une fonction entière en *facteurs primaires*, qui mettent les racines en évidence, magnifique épanouissement de la décomposition en produit infini du sinus.

Si la fonction entière a pour expression taylorienne

$$\Sigma A_n z^n$$

et si le *genre* est p, M. Poincaré prouve que l'on a :

$$\lim_{n=\infty} A_n \sqrt[p+1]{1.2.3\ldots n} = 0$$

et, sur le cercle, $|z| = R$, R étant un nombre assez grand, il en résulte :

$$\text{maximum } |f(z)| < e^{\alpha R^{p+1}}$$

α étant un nombre positif quelconque. Ces théorèmes ont marqué l'origine de progrès considérables et

aujourd'hui nous possédons, sur les fonctions entières, une vaste doctrine (1).

Weierstrass a prouvé qu'une fonction d'*une* variable, *méromorphe* dans tout le plan, est le quotient de deux fonctions entières. Si nous passons au cas où il y a *deux* variables, les pôles ne sont plus isolés, aussi l'extension du théorème paraissait-elle presque impossible. M. Poincaré a pu y parvenir (2), en intégrant les équations aux dérivées partielles qui définissent la partie réelle et la partie complexe de la fonction.

Il fallait être M. Poincaré pour se poser le problème de l'*uniformisation :* « Étant donné y, fonction analytique non uniforme de x, exprimer x et y en fonction uniforme de t ? »

Nous avons une surface de Riemann, dont le nombre des feuillets est infini, et il faut en faire la représentation conforme sur une portion du plan. Grâce au principe de Dirichlet, à peine connu à cette époque (1883), grâce à une extrême habileté, M. Poincaré a réussi (3).

En 1886, M. Poincaré définit les *intégrales doubles* des fonctions de deux variables complexes et il montre ce que devient la théorie des résidus de Cauchy. Les tentatives faites par d'autres avaient échoué parce que l'hyperespace offre des complications (4), dont l'espace ordinaire, à trois dimensions, ne nous donne aucune idée.

L'*Analysis Situs* a été fondée par Riemann, Betti,... Voici une sphère sur laquelle ou a *n trous*. Combien existe-t-il de chemins, sur la sphère, d'un point à un autre, et non réductibles les uns aux autres, en un mot qualitativement différents ? C'est la géométrie de la

(1) *Collection Borel :* ouvrages de M. Borel et de M. Blumenthal (Gauthier-Villars).

(2) Acta Mathematica, tome 2.

(3) Acta Mathematica, tome 31.

(4) Acta Mathematica, tome 9.

qualité, de l'*ordre,* et non plus la géométrie de la seule quantité, de la distance, de la courbure, etc.

M. Poincaré a écrit une série de mémoires sur l'*Analysis Situs* et je ne sais s'il a trouvé beaucoup de lecteurs, car il faut ici une sorte d'intuition épurée de l'espace qui souvent, étant incomplète, égare totalement. Ces questions exigent un effort cérébral énorme.

Notons ce résultat : les nombres de Betti ne suffisent pas à définir une surface, dans un espace quelconque (1).

Arithmétique-Algèbre

Dans le domaine arithmétique, signalons une forme nouvelle donnée par M. Poincaré à la théorie de Gauss sur la composition des formes quadratiques et les relations établies entre l'Arithmétique et les fonctions fuchsiennes.

En Algèbre, M. Appell et M. Hill avaient audacieusement résolu un système *infini* d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. M. Poincaré a introduit les déterminants infinis et a fait, le premier, une étude rationnelle de cette question.

On sait que les travaux récents de M. Fredholm et de M. Hilbert ont donné une importance énorme aux formes linéaires ou quadratiques à une infinité de variables et que les systèmes infinis d'équations linéaires se rencontrent naturellement à propos des séries trigonométriques, des problèmes fonctionnels. M. Poincaré a été un précurseur et ses critères ont été perfectionnés, un effort considérable ayant été dirigé de ce côté.

(1) Ces notions sont indispensables dans la théorie des *fonctions algébriques de deux variables ;* voir le *Traité* magistral de M. Picard et de M. Simart.

Équations intégrales

Rappelons l'énoncé du Problème de M. Fredholm. On donne la fonction ψ (qui peut être identiquement nulle) et le *noyau f ;* la fonction φ est l'inconnue et doit satisfaire à l'*équation intégrale :*

$$\varphi(x) = \lambda \int_0^1 f(x, y)\, \varphi(y) dy + \psi(x).$$

La constante λ joue un rôle capital. Si le noyau est continu, on peut former deux fonctions entières de λ, N et D, telles que l'on ait (1) :

$$\varphi(x) = \psi(x) + \lambda \int_0^1 \psi(y) \frac{N(\lambda, x, y)}{D(\lambda)} dy.$$

La solution est plus compliquée si ψ est identiquement nul ou bien si λ prend certaines valeurs numériques dites *caractéristiques*.

Qu'advient-il si le noyau est *discontinu ?* M. Hilbert a résolu cette difficile question dans le cas où la discontinuité est assez simple et M. Poincaré dans un cas infiniment plus général.

Prenant, tout simplement, les développements des déterminants qui entrent dans N et dans D, il donne, autrement que M. Fredholm, le développement du logarithme de D ; puis il nomme H l'ensemble des $n-1$ premiers termes de ce développement.

Il a alors l'idée de remplacer N et D par Ne^{-H} et De^{-H}, ce qui ne modifie par le quotient, et, par ce moyen ingénieux, il arrive au but : on remplacera les termes infinis par zéro dans les déterminants à intégrer, de sorte que la solution conserve la même forme (2).

(1) *Leçons sur les Principes de l'Analyse*, par l'auteur.
(2) ACTA MATHEMATICA, tome 33.

MM. Picard, Poincaré et Volterra ont, d'ailleurs, étudié des équations intégrales autres que celles de MM. Fredholm et Hilbert.

Équations aux dérivées partielles de la Physique

Ceci nous amène naturellement aux Equations de la Physique, puisque le but de M. Fredholm était la solution du Problème de Dirichlet. Soit un contour fermé, dans le plan ou dans l'espace, frontière sur laquelle *on donne les valeurs* d'une fonction inconnue U. En plus, U doit vérifier l'équation de Laplace :

$$\Delta U \equiv \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0.$$

Riemann a attaché le nom de *Dirichlet* à ce fait, qu'il ne démontrait pas suffisamment : U sera déterminé par ces données d'une manière unique, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la frontière. Ce sont deux problèmes différents et le problème *intérieur* exigera moins de restrictions que le problème *extérieur*.

M. Poincaré a donné une solution, par la méthode du *balayage* (1), qui n'a rien de commun avec la méthode ancienne de Carl Neumann. Neumann avait établi sa théorie pour les surfaces *convexes* seulement ; M. Poincaré étend la méthode de Neumann aux surfaces, très générales, qui ont deux rayons principaux de courbure et un plan tangent bien déterminés. Puis, M. Poincaré fonde encore une autre méthode. Les fonctions *sphériques*, engendrées par les polynomes de Legendre, servent à résoudre, pour une sphère, le problème de Dirichlet. Partant de là, M. Poincaré définit, pour une surface quelconque, les fonctions fon-

(1) H. Poincaré, *Théorie du Potentiel newtonien*. E. Picard, *Traité d'Analyse*, tome II.

damentales, qui joueront le même rôle que les fonctions sphériques pour la sphère.

La fonction donnée, sur la frontière, sera développée avec des *fonctions fondamentales*, comme une fonction arbitraire est développée en série trigonométrique et ainsi le problème de Dirichlet sera résolu. Ce point de vue a été développé par de nombreux géomètres et M. Poincaré a, d'ailleurs, résolu bien d'autres problèmes de Physique théorique : propagation de la chaleur, vibration des membranes, etc.

Le maniement constant qu'il a fait des dérivées normales des potentiels simples et doubles a pu inspirer M. Fredholm pour la façon nouvelle dont il a *posé* le problème de Dirichlet. En tous cas, M. Poincaré a remué un grand nombre d'idées et de méthodes, ouvert des horizons nouveaux dans cette science, à vrai dire, théorique et bien éloignée de toute application immédiate ; c'est l'évidence même.

Mais les équations de la Physique constituent une des plus belles branches de l'Analyse pure. Notons, en passant, que les fonctions fondamentales sont les solutions d'une équation intégrale *homogène*, c'est-à-dire dans laquelle ψ est *nul*.

Des équations de Physique (1) nous passons ainsi aux équations intégrales et à la théorie des fonctions d'une variable complexe. Cela se voit aisément dans la solution de l'équation des membranes. M. Schwarz a démontré l'existence du *son fondamental*, M. Picard celle de la *première harmonique* et M. Poincaré celle des harmoniques supérieures. Analytiquement, on a une fonction méromorphe ; on arrive à un pôle ; on soustrait *la partie polaire* et il reste une partie holomorphe laquelle, plus loin, a un pôle, etc. (2).

(1) A caractéristiques *complexes*. Le cas des caractéristiques réelles est tout autre. Voir mes *Exercices et leçons d'analyse*.

(2) Circolo matematico di Palermo, tome 8.

Mécanique céleste

Les mouvements des astres sont régis par la loi d'attraction formulée par Newton. La formule newtonienne :

$$\text{force} = \frac{mm'}{r^2}$$

(m et m' étant les masses de deux astres et r la distance) ne représente probablement qu'une première approximation, mais, jusqu'ici, cette formule a suffi. Prenons trois astres et cherchons leurs mouvements; c'est le *problème des trois corps*. Ce problème nous donne des équations différentielles dont on tire seulement une solution assez approchée.

Théoriquement, la question n'est pas résolue *pour toutes les valeurs du temps*, les transcendantes ne sont *pas connues*, quoiqu'on puisse les calculer assez approximativement. On voit la distance qui sépare le problème mathématique et le problème astronomique, l'art et la pratique.

M. Poincaré a donné des *méthodes nouvelles* dans un ouvrage fondamental où il simplifie les énoncés dans le but d'obtenir des résultats analytiques irréprochables.

M. Poincaré est donc un précurseur, un grand théoricien qui devance de beaucoup toute réalisation numérique. C'est ainsi que la science marche.

L'ouvrage de M. Poincaré n'est pas de ceux que l'on résume et il faudra une longue expérience collective pour que les observatoires puissent en tirer parti. Apprécions-le donc au point de vue de la mathématique pure. De ce point de vue nous voyons d'abord des conceptions nouvelles de l'intégration d'un système

différentiel, en particulier la recherche systématique de solutions *périodiques* (1).

M. Poincaré a fait ainsi connaître de très nombreux théorèmes d'analyse.

Dans l'ancienne Mécanique céleste, les séries, développées suivant les puissances des masses, devenaient vite inapplicables ; on a donc cherché à introduire partout des séries trigonométriques et alors M. Poincaré intervient en montrant que :

1° Si une telle série est *absolument* convergente pour certaines valeurs du temps, elle l'est éternellement ;

2° une même fonction ne peut être représentée par *deux* séries différentes, absolument convergentes ;

3° la somme d'une série trigonométrique *non uniformément* convergente peut devenir infinie ou avoir des oscillations de plus en plus étendues.

Autant de leçons de prudence !

Toujours les astronomes ont, par un flair spécial, utilisé des séries qui, aux yeux d'un mathématicien, ne convergent pas. Cela ne pouvait manquer de frapper M. Poincaré et son étonnement a provoqué la publication d'un mémoire intéressant sur les développements asymptotiques : les astronomes avaient souvent raison, mais sans savoir pourquoi ; M. Poincaré contribue à l'établissement d'une précision vraiment nécessaire.

Les développements asymptotiques, la sommation de certaines séries non convergentes (ce qui est, si l'on veut, un prolongement analytique) sont des questions qui intéressent très fort les analystes les moins préoccupés de l'application astronomique (2).

(1) Plusieurs résultats de M. Poincaré sont magistralement exposés par M. Picard, dans son *Traité d'Analyse*, t. III. Voir aussi *Leçons sur la théorie analytique des équations différentielles*, par M. Painlevé.

(2) E. Borel, *Leçons sur les séries divergentes*.

C'est encore la Mécanique céleste qui a donné à M. Poincaré l'occasion d'inventer l'*invariant intégral*, complément de l'invariant différentiel, antérieurement introduit.

Dans une autre voie, M. Poincaré a perfectionné, dilaté nos connaissances d'astronomie théorique.

Imaginons une masse fluide homogène en rotation autour d'un axe et dont les molécules sont soumises à l'attraction newtonienne. — Quelles seront les formes d'équilibre ?

La solution de ce problème pourrait prendre une signification pratique, avec certaines hypothèses cosmogoniques.

M. Poincaré reconnaît que les diverses figures d'équilibre forment des séries linéaires et que, dans chaque série, les figures dépendent d'un paramètre variable. Si une figure appartient en même temps à deux séries, c'est une figure d'*équilibre de bifurcation*.

Pour chaque figure, il existe des nombres déterminés (en nombre infini) nommés *coefficients de stabilité* parce que la condition de la stabilité est qu'ils soient tous positifs.

Quand l'un de ces coefficients s'annule, la figure est de bifurcation et les deux séries linéaires auxquelles cette figure appartient « échangent leurs stabilités ». Et voici le sens de ces termes : si, en suivant une des séries, on ne rencontre que des équilibres stables jusqu'à la figure de bifurcation, on n'y trouvera plus ensuite que des figures instables et les figures stables appartiendront à l'autre série.

Une fois encore nous voyons M. Poincaré *retrouver* tous les résultats antérieurs, ceux de Jacobi, Laplace, lord Kelvin, etc. et poser les bases d'une doctrine nouvelle, beaucoup plus compréhensive.

La question des figures d'équilibre est une question

de « maximum » et les travaux récents des savants sur le Calcul des variations ont attiré l'attention sur la difficulté énorme de la recherche des maxima et des minima. Ces discussions sont toujours très subtiles (1).

Pendant plusieurs années, avant d'enseigner, en Sorbonne, la Mécanique céleste, M. Poincaré a occupé la chaire de Physique théorique. Son cours a été l'occasion de publications nombreuses, mémoires et ouvrages pédagogiques.

Je n'en parlerai pas, étant parfaitement ignorant en tout cela ; je me contenterai de signaler que M. Poincaré a exposé et a critiqué *toutes* les grandes théories de la capillarité, des tourbillons, de l'élasticité, de l'électro-optique...

Nous ne parlerons que de l'aspect philosophique de ces questions, notant seulement les Mémoires sur la Diffraction (2).

TRAVAUX PHILOSOPHIQUES

Logique et Mathématique

M. Poincaré a profondément réfléchi sur son art et, avec une absolue sincérité, il nous a communiqué ses impressions.

Si la Mathématique n'était qu'une immense tautologie, si elle n'était qu'un symbolisme algébrique habillant les combinaisons d'un nombre donné de principes

(1) Les *livres* de M. Poincaré sont trop connus pour que nous les citions tous ici. Pour les *mémoires*, voir la notice que M. Ernest Lebon a publiée (Gauthier-Villars).

(2) ACTA MATHEMATICA, tomes 16 et 20; CIRCOLO MATEMATICO DI PALERMO, tome XXIX.

logiques, d'abord tout homme intelligent *comprendrait* vite, ensuite chacun pourrait *inventer*...

Il n'en est rien et cela pour deux raisons.

M. Poincaré montre que, dès le début de l'Arithmétique, pour établir la proposition :

$$a + b = b + a$$

a et b étant entiers, on se sert du *principe de récurrence*. Le raisonnement par récurrence consiste en ceci : supposons que ce qui est vrai pour n soit encore vrai pour $n + 1$; supposons la dite propriété vérifiée lorsque n est pris égal à *un ;* la propriété aura lieu *quel que soit n*. « Le caractère essentiel du raisonnement par récurrence c'est qu'il contient, condensés en une formule unique, une infinité de syllogismes (1) ».

Si la récurrence entraîne la certitude, c'est que notre esprit s'estime capable de refaire indéfiniment une opération qu'il a effectuée une fois.

L'infini mathématique, qui est « l'indéfiniment répété » se trouve au principe de tout et ceci n'est point de la pure logique, c'est de l'induction, une induction raffinée.

C'est parce que le raisonnement mathématique est dynamique, parce qu'il est un progrès, un mouvement, c'est pour cela que la science avance et c'est pour cela que l'on peut raisonner juste et piétiner sur place.

Cette idée, chère à M. Poincaré, que le principe de récurrence — et des principes analogues — dominent la Mathématique, cette idée n'est pas toujours acceptée. Certains philosophes veulent que la Mathématique se *réduise* à la Logique, c'est-à-dire n'ait point de principe propre, spécifique.

C'est un débat très ancien ; Leibniz et Kant ont dit leur mot là-dessus ; M. Poincaré n'a jamais été plus

(1) *La Science et l'Hypothèse*, p. 20.

amusant — et plus parfait — que lorsqu'il a combattu la *Logistique*.

Ne nommons personne, pour n'être pas désobligeant. Les logisticiens sont des gens qui ont voulu construire des logiques nouvelles, afin que les mathématiques entrent totalement dans les cadres de ces logiques. Et qu'est-il advenu ?

C'est bien simple.

On veut définir *logiquement* le nombre *un*, sans rien *poser*, sans aucune donnée... Mais au fond, sans s'en douter, on porte en soi la même *vision* du nombre *un* que les bonnes gens qui n'ont jamais songé à faire de la Logistique. On est guidé par cette vision implicite, alors qu'on se *croit* dans la pure et nue abstraction. Et alors, dans la prétendue définition de *un*, on fait entrer précisément... *un*... ou même *deux* (1).

Si les auteurs ne s'en sont pas aperçus, c'est qu'ils étaient absorbés par le souci de tout dire avec des notations étranges.

Les logisticiens ne veulent pas du principe de récurrence... pour eux tous les théorèmes peuvent se déduire par des procédés *analytiques* d'un nombre fini d'axiomes, lesquels sont des conventions.

Or que font-ils ? Dans leurs opérations ils admettent, sans le voir, que le nombre entier est celui sur lequel on peut raisonner par récurrence (2). Et, dans des questions si délicates, on voit *les définitions changer* pendant la démonstration. C'est l'origine de nombreux paradoxes.

Pour nous, l'infini mathématique c'est la possibilité de refaire *indéfiniment* une même opération ; c'est un progrès sans terme...

Mais les logisticiens croient à l'existence de l'*infini*

(1) *Science et Méthode*, pp. 168 et 169.
(2) *Science et Méthode*, p. 187.

actuel, ils veulent se représenter individuellement des objets en nombre infini, ils conçoivent un progrès comme ayant atteint son terme et ils ont conçu le *fini* comme un cas particulier de l'*infini actuel*.

D'où la série des *antinomies* (1) un peu effrayantes qui ont surgi dans le sein des logistiques et du cantorisme.

Il me paraît difficile, pour qui a fait des recherches mathématiques, pour qui a suivi activement le progrès d'une branche quelconque, il me paraît difficile de n'être pas, presque *a priori*, du côté de M. Poincaré et contre les logisticiens.

Ses raisons paraissent écrasantes pour ses adversaires auxquels, d'ailleurs, il reconnaît un grand talent, mais qui méconnaissent le caractère essentiellement dynamique du raisonnement scientifique. La discussion n'est peut-être pas close parce qu'il faudrait détailler, clarifier, préciser encore et presser à fond les arguments de M. Poincaré pour les rendre tout à fait décisifs.

La Mécanique nouvelle

Personne n'a su, aussi bien que M. Henri Poincaré, faire deviner par les profanes l'orientation nouvelle de la Mécanique. Je dis à dessein « deviner » parce que, pour « comprendre », il faudrait être physicien et un physicien très averti.

Suivons l'évolution historique. Quels sont les principes de la *Mécanique classique ?*

1° Nous avons le principe d'inertie : pas d'accélération sans force.

2° Nous composons les forces d'après le principe du parallélogramme ; l'accélération aura même direction

(1) *Science et Méthode*, p. 212.

que la résultante des forces et le rapport de cette résultante à l'accélération est un nombre appelé masse, nombre constant pour un point matériel d'une substance donnée.

Ce nombre, la *masse*, ne dépend ni de la vitesse du point, ni de la direction des forces.

3° Les lois du mouvement sont les mêmes, que les axes de coordonnées soient fixes, ou que ces axes soient emportés dans une translation rectiligne et uniforme. *(Relativité)*.

4° Si le point A *agit* sur le point B, de même B *réagit* sur A, et avec la même intensité. *(Principe de réaction)*.

La Mécanique des machines et la Mécanique céleste ont vécu, jusqu'ici, de ces principes classiques. L'accord de la *théorie* et du *fait brut* est assez satisfaisant, remarquablement satisfaisant. Mais les phénomènes *électriques* sont venus et ont troublé un peu cette belle harmonie.

Les phénomènes électro-optiques ont imposé une hypothèse : l'*éther*. L'éther, fluide subtil, élastique, serait comme un océan dans lequel baigneraient les planètes, les mondes.

Voilà bien un artifice, mais il est, pour le moment, indispensable.

Deux courants électriques, on le sait, agissent l'un sur l'autre, mais, de plus, un courant agit sur lui-même ; c'est la *Self-induction*. Si le courant croît, il développe une force électromotrice de self-induction qui tend à s'opposer au courant. Si le courant décroît, ce sera le contraire, de sorte que l'on explique la self-induction par l'inertie de l'éther.

D'autre part, un rayon cathodique, ou bien un rayonnement issu du *radium*, peuvent être assimilés à un courant ; la trajectoire d'un atome électrisé est un courant.

Regardons la matière comme un agrégat d'atomes électrisés, un agrégat d'*électrons*. Nous faisons ainsi du phénomène électrique le *phénomène-type ;* nous construisons la théorie électromagnétique de Lorentz ; chaque molécule chimique sera un monde formé de soleils et de planètes, d'électrons positifs et négatifs.

Avec toutes ces hypothèses, la masse d'un corps *n'est plus constante, elle augmente avec sa vitesse.*

Comment cela ? Parce que le mouvement d'un électron dans l'éther crée un courant et, à cause de la self-induction, l'éther devient un champ électromagnétique. Plus l'électron va vite et plus le champ électromagnétique est fort. Alors l'électron possède, en plus de sa *masse réelle* (de sa masse au sens ordinaire), une *masse apparente* due à l'inertie de l'éther.

Pour les vitesses de nos machines industrielles, la *masse apparente* peut être tenue pour nulle ; pour les vitesses de 100 000 kilomètres par seconde, celles des rayons du radium, c'est la *masse réelle* qui est négligeable vis-à-vis de la masse apparente et celle-ci serait infinie pour une vitesse égale à celle de la lumière.

Jamais un corps ne pourrait marcher plus vite que la lumière.

De plus, il n'y aurait, rigoureusement parlant, aucun *solide parfait*, car, d'après les principes de la Mécanique nouvelle, un corps en mouvement se déforme dans le sens de son déplacement, par exemple, une sphère devient un ellipsoïde.

En outre, la notion de *temps*, elle-même, est modifiée et M. Lorentz définit le *temps local*.

M. Poincaré expose tout cela (1) et ses conclusions sont à retenir : la Mécanique nouvelle ne peut être traitée par le mépris, mais, par contre, la Mécanique classique reste celle de nos machines et qui ne connaît

(1) H. Poincaré, *Sechs Vorträge...* (Leipzig, Teubner, 1910).

pas bien cette Mécanique classique demeure impuissant à saisir le sens des efforts des novateurs.

C'est un avertissement à l'usage des gens qui manquent de jugement et à l'usage de ceux qui critiquent sans comprendre...

Art et Science

Nous avons vu, avec M. Poincaré, une raison pour laquelle un homme d'esprit, raisonnant juste, peut fort bien ne pas comprendre les mathématiques.

Il est une autre raison. Lisez un mémoire de mathématiques; il y a une série de raisonnements enchaînés les uns aux autres. Chaque raisonnement partiel est difficile à suivre; encore y arrive-t-on. Mais, un élément domine cet ensemble, c'est l'*ordre de succession* des raisonnements, et cet ordre est infiniment plus important que le détail d'un raisonnement particulier.

On sait que d'Alembert disait : allez de l'avant et la foi viendra!

Le précepte est infiniment clair pour ceux qui ont quelque expérience mathématique. J'étudie un mémoire savant et, à la quinzième page, je commence à m'ennuyer parce que l'auteur fouille trop minutieusement un terrain, parce qu'il porte scrupuleusement la lampe devant chaque obstacle partiel; cela finit par m'étourdir. Alors je me reporte au milieu du mémoire, pour voir ce qu'on y dit, puis à la conclusion finale. Si maintenant j'ai clairement aperçu le but, je saisis, à cet instant, la vie interne qui anime l'ensemble des théories. Ainsi illuminé, réchauffé, sachant où je vais, je reprends patience et courage et alors, sans ennui, la plume à la main, j'observe chaque détail, chose indispensable, certes, mais qui, auparavant, n'avait aucun sens pour moi.

Si vous êtes capable de vous assimiler parfaitement

une théorie très classique, avec un maître qui prendra la peine d'animer devant vous ces squelettes que sont les chapitres d'un livre, si vous savez bien *retrouver* activement une doctrine bien exposée, présentez-vous à l'École Polytechnique; vous réussirez.

Si vous pouvez assez bien, tout seul, découvrir la sève invisible qui circule dans une doctrine en évolution, si vous savez voir ce qui manque à cette doctrine, comme résultats, ou comme méthode, si vous pouvez ajouter quelque chose à la vie de cette doctrine, vous serez docteur ès sciences.

Si l'effort que représente une thèse de doctorat ès sciences, en France, est pour vous un jeu d'enfant; si vous saisissez la vie de toutes les doctrines au point de les perfectionner toutes; si vous découvrez des relations entre des doctrines qui paraîssaient au commun des mortels hétérogènes, d'essence différente, si vous savez créer, à jet continu, des êtres algébriques bien constitués, qui en engendreront beaucoup d'autres... alors vous êtes M. Henri Poincaré.

On voit la gradation; pour faire des mathématiques, la logique ne suffit pas, l'érudition ne suffit pas; il faut prévoir de longs enchaînements d'idées et d'idées encore imprécises, qui se préciseront peu à peu, se cristalliseront.

Et c'est ce que l'on nomme l'intuition mathématique. Il y a, pour le profane, un fait brut, un théorème, une théorie, et le géomètre est celui qui découvre la vie cachée, le dynamisme obscur de la théorie ébauchée, au point d'enrichir cette vie, ce dynamisme.

Sans doute, chez certains savants, cette intuition est une intuition géométrique et, en écrivant des *formules*, ce sont des *figures* qu'ils voient dans le fond de leur cerveau; ils traduisent des images.

D'autres savants n'ont point constamment cette

représentation au fond d'eux-mêmes; ils ne voient intérieurement aucune figure; mais les êtres algébriques vivent en eux, sont animés réellement et cela se sent dans leurs écrits, dans leur conversation. Ils voient la vérité face à face et la vérité est vivante dans leur esprit.

Pour l'inventeur le plus abstrait, le moins géomètre, il existe aussi bien une intuition, une intuition qui n'est point une image (1), mais une intuition qui est comme la vie de l'un de ses personnages pour le romancier.

Faut-il donc, pour *inventer*, se fier à son intuition et se plonger dans une sorte d'extase, un nirvana, pour attendre passivement l'illumination? La vérité va-t-elle arriver comme cela, toute seule, et toute faite, de sorte qu'après l'extase, nous n'ayons qu'à prendre la plume et à écrire sous la dictée des inspirations?

Ce serait, en vérité, trop commode!

M. Poincaré nous dit comment il travaille et sa confession a son prix. Je crois, d'ailleurs, que chacun reconnaîtra sa manière de chercher dans le discours, si sincère, du maître (2). Un travail, dit-il, comporte trois périodes, d'abord un effort *conscient :* on cherche une voie, un but, et l'on patauge, on n'avance pas ; on se décourage, ou renonce. Effort inutile, en apparence, et alors on se repose, on fait autre chose.

Après un repos plus ou moins long, après une diversion qui dure des semaines, ou des mois, on se sent, de nouveau, attiré par la question, on y revient, presque malgré soi.

Et alors un effort très conscient, plus ou moins long, vous amène au but : c'est la victoire.

(1) *La Valeur de la Science*, p. 32.
(2) *Science et Méthode*, page 43.

Comment se fait-il que *deux* périodes de *travail conscient* doivent, généralement, être séparées par une période de repos apparent, en réalité de *travail inconscient ?*

Je ne me charge pas de l'expliquer. Que les psychologues et les biologistes nous le disent. Mais c'est un fait et ce fait, à mes yeux, explique un petit paradoxe.

On nous dit parfois : M. X. est un garçon distingué, instruit, original ; il a échoué à l'examen de l'agrégation, mais tout n'est pas perdu, il fera une thèse de doctorat brillante, tandis que M. Y., reçu le premier à l'agrégation, n'ira jamais plus loin.

Est-ce paradoxal ? Non.

Il peut arriver que M. X. ait de la *valeur*, soit capable de quelque chose d'assez fort, mais qu'il soit *lent*.

Dans les six heures qui lui sont offertes pour une composition de l'agrégation, il ne fait rien de bon parce qu'il lui faut plus de temps pour réaliser les trois périodes d'effort cérébral, pour passer du *conscient* à l'*inconscient*, puis encore au *conscient*.

Quand il pourra prendre son temps, quand il pourra réaliser normalement le triple jeu de son cerveau, alors vous verrez...

Les exemples sont nombreux.

Souvent, les esprits banals effectuent rapidement la triple étape, mais c'est parce que les vibrations de leur cerveau sont courtes ; ils font très bien une petite chose ; jamais ils n'en concevront une grande.

Et les artistes travaillent-ils autrement que les savants ? Non, certes ; les grands inspirés ont tous des moyens analogues. Dans ses souvenirs, Wagner nous raconte qu'il portait depuis longtemps dans ses nerfs le prélude de l'*Or du Rhin*, mais qu'il ne trouva la forme définitive que pendant un demi-sommeil. Il se vit, en rêve, dans un courant d'eau, sous une cascade,

et l'accord en mi bémol majeur retentit à ses oreilles, suivi de fugues rapides... De même, il cherchait vainement l'ouverture des *Maîtres chanteurs* et elle résonna en lui un soir, tandis qu'il contemplait, à Mayence, le grand fleuve s'abreuvant des feux dorés du soleil couchant.

De même encore, dans *Siegfried*, la scène de la forêt, longtemps cherchée, s'imprime sur son front pendant une promenade dans la vallée de la Sihl.

Pense-t-on que le murmure des eaux, que les ors du couchant, que les oiseaux de la forêt puissent, en un instant, se transformer en motifs musicaux tout imprégnés de génie, si l'artiste n'était pas préparé par un effort conscient suivi d'un repos apparent? Repos apparent, non réel, puisque la moindre émotion rompra les digues et laissera s'étaler un océan.

De même, pense-t-on que le mathématicien puisse avoir une illumination subite, qui résistera à la critique, sans un long travail insconscient succédant à un effort conscient ?...

Poincaré (1) et Wagner *trouvent* de la même façon. Ce doit être la bonne !

Mais que recouvre ce mot « inconscient » ? Un mot nouveau ne suffit pas à résoudre une difficulté psychologique.

L'effort insconscient du mathématicien est une tendance secrète vers la *beauté*. Qu'est la beauté mathématique ? Avant tout c'est l'*aisance et l'harmonie*, et une comparaison le fera voir.

Un beau cavalier est-il celui dont le costume et les formes sont impeccables ? Les connaisseurs diront : Non. Mais, que le cheval fasse une défense et que le cavalier triomphe par un jeu très fin de la main, par une oscillation imperceptible de la jambe, alors nous

(1) *Science et Méthode*, page 53.

dirons : voilà un beau cavalier. Nous dirons cela parce que, avec une grande aisance nous aurons vu accomplir un effort énorme ; nous aurons senti un grand résultat obtenu sans violence, par la souplesse, la justesse et la finesse des actions.

Il en est ainsi, dans la Mathématique. Il nous faut un gros rendement obtenu par les moyens les plus simples, les plus justes, les plus normaux.

Dans ces conditions, nous admirons l'œuvre mathématique, notre instinct esthétique est flatté et il y a, ici, un élément de plus que dans l'œuvre d'art car le *beau* est aussi l'*utile*.

L'Art ne veut que la beauté. La science, sans doute, capte moins de beauté, mais, cherchant le beau, par surcroît elle obtient l'utile.

L'utile, dans la science pure, c'est la fécondité, c'est la puissance dynamique d'épanouissement.

Tout naturellement, plus nos moyens sont relativement simples et plus ils ont de chances d'être utilisés à nouveau et de nous porter plus loin encore.

Parfois l'inconscient nous trompe, nous suggère un principe que la critique dissoudra. « Cette idée fausse, si elle avait été juste, aurait flatté notre instinct naturel de l'élégance mathématique (1). »

N'ergotons pas davantage sur la beauté de la science : cela se sent et ne saurait s'exprimer adéquatement. Écoutons plutôt l'hymne d'allégresse de M. Poincaré : « Le savant digne de ce nom, le géomètre surtout, éprouve, en face de son œuvre, la même impression que l'artiste ; sa jouissance est aussi grande et de même nature... Si nous travaillons, c'est moins pour obtenir ces résultats positifs, auxquels le vulgaire nous croit uniquement attachés, que pour ressentir cette émotion

(1) *Science et Méthode*, page 59.

esthétique et la communiquer à ceux qui sont capables de l'éprouver (1)... »

La Valeur de la Science

La Science est belle et sa beauté, enivrant le savant, lui donne la force d'accomplir une tâche fatigante.

La Science est utile pratiquement ; le progrès industriel le montre chaque jour davantage.

Le philosophe, qui construit la « Science de la science », se place à un autre point de vue et se demande : que *vaut* la science, que vaut la *vérité scientifique*, au fond ?

M. Poincaré a contribué, indirectement, mais efficacement, à une joute philosophique très remarquable, où *pragmatistes* et *intellectualistes* se sont portés de rudes coups.

M. Poincaré, qui est intellectualiste, a fourni, il faut le dire, de bonnes armes à ses adversaires. Dans ses volumes philosophiques, il a étudié l'*espace*, espace visuel, espace tactile, espace géométrique, et il conclut que si nous attribuons *trois* dimensions à l'espace c'est parce que c'est *plus commode* que de lui en attribuer *quatre*. De même, il est plus *commode* de regarder l'espace comme « euclidien (2) ».

(1) H. Poincaré, *Savants et Écrivains*, page 138. Ce volume contient le Discours de réception de M. Poincaré à l'*Académie française*. On sait que M. Poincaré était un chaud partisan des études classiques. Sa manière d'écrire est, d'ailleurs, celle d'un lettré et on le reconnaît dans l'éloge de Sully Prudhomme.

Dans ce volume, on trouve une parfaite apologie de l'École Polytechnique.

(2) Dans *La Science et l'Hypothèse*, p. 57, on trouvera la *traduction* de la langue euclidienne en la langue non-euclidienne. L'espace est remplacé par un demi-espace ; le plan par une sphère ; la droite par un cercle ; la distance par un logarithme de rapport anharmonique, etc.

C'est de ceci que s'est servi M. Poincaré dans sa théorie des groupes fuchsiens. L'espace non-euclidien a été, ici, le moyen intuitif de l'invention.

De même, il est plus *commode* (1) de dire : la Terre tourne — que de dire : le Soleil tourne.

M. Poincaré a aussi critiqué la notion vulgaire de *temps*.

Enfin, dans la Physique, M. Poincaré a débrouillé une question capitale, celle de l'*explication mécanique* des phénomènes.

Le succès de la Mécanique céleste, au XIXe siècle, avait fait espérer que la Physique se réduirait facilement à des mécanismes. Partant de cette idée, on n'a guère compris, en France, les méthodes du grand physicien anglais Maxwell et M. P. Duhem a, d'ailleurs, clairement montré les lacunes, les erreurs même de Maxwell.

M. Poincaré a fini par voir ce que faisait Maxwell.

Depuis longtemps, Lagrange nous a appris à traduire *analytiquement* un problème de mécanique de la manière suivante : on forme l'expression analytique T de l'énergie cinétique et l'expression U de l'énergie potentielle et l'on écrit que la valeur moyenne de (T-U) est aussi petite que possible (*Principe de moindre action*). D'où les équations de Lagrange (2).

Or Maxwell, au lieu de rechercher essentiellement une image mécanique, un modèle (3), au lieu de comparer le phénomène électrique à une émission, à une ondulation, à une machine à vapeur avec courroies, régulateurs, etc., Maxwell ne se préoccupe que de former des *équations de Lagrange*, en donnant à T et à U une *signification physique* correspondant à une mesure réalisable au laboratoire.

Ayant bien vu cela, M. Poincaré conclut très légitimement : Si *une* explication mécanique est possible, nous en déduirons, sans peine, *une infinité* d'autres.

(1) Au lieu de dire « commode », M. Poincaré aurait dû dire « simple ».
(2) *La Science et l'Hypothèse*, p. 253.
(3) *Savants et Écrivains*, p. 235.

Si nous pouvons construire un de ces modèles, chers à Lord Kelvin, nous pouvons en construire mentalement une infinité. Et, pour avoir si bien parlé, M. Poincaré fut traité de *sceptique*. Sceptique, un homme qui s'est tué par excès de travail !

S'il fut traité de sceptique par ceux qui l'avaient mal compris, sa pensée fut, pour d'autres, un point de départ.

Une digression est nécessaire ici ; la question en vaut la peine, je crois.

Il y a quelque quinze ans, en France, il y eut, dans des milieux distingués de cœur et d'esprit, une explosion de dégoût contre ce rationalisme sec, étroit, court, incapable de psychologie, lequel engendrait l'irréligion, le jacobinisme, la mentalité primaire.

Assurément, si notre cerveau était parfait, et si le « donné », que nous faisons broyer par l'instrument logique, était dénué de tares, si nous possédions sans erreur *tout le passé*, peut-être pourrions-nous prédire clairement *tout l'avenir* par des procédés analytiques ; nous pourrions être des intellectualistes purs, peut-être, si nous étions parfaits.

Encore faudrait-il une perfection dont nous n'avons aucune idée.

Mais nous avons trop de défauts, de faiblesses, de lacunes, pour pouvoir supporter l'individualisme absolu ou bien l'intellectualisme absolu ; la parenté paraît réelle entre les deux tendances.

Contre deux courants analogues, parallèles furent les réactions, et, s'il faut citer des noms, disons celui de M. Barrès, en littérature, celui de M. Bergson, en philosophie.

Les doctrines sont assez connues. L'un remet à son rang l'individu dans la race et discipline son geste pour l'associer au cortège national.

L'autre — avec quelle science et avec quel talent ! —

nous montre l'intelligence débordée par l'action, par l'intuition et il distingue, dans l'esprit, deux zones : la zone lumineuse, mais étroite, de la raison raisonnante et la zone obscure, mais chaude, du supraconscient, qui dépasse infiniment, qui domine la première.

Les idées claires restent à la surface de l'esprit et l'esprit ne se connaît bien, en somme, que dans l'action, par l'action. Il existe donc un mouvement des idées qui, à un *rationalisme* abstrait, éloigné des choses, veut substituer un *réalisme* perçant, mordant, profond.

On veut, par delà le raisonnement, atteindre le vrai, le réel, le vécu, en faisant effort avec toute son âme, toutes ses puissances, sans faire fi d'aucune. Il s'agit d'être, non pas « inconscient », mais « supraconscient », de ne pas rejeter dédaigneusement certains modes d'activité qui conduisent à une certaine connaissance et à une pratique efficace.

Il est des idées *riches*, qui ne sont pas des idées *claires* et il est des idées claires qui sont incomplètes en face des faits réels de la vie.

Tout cela demande, bien entendu, à être dit avec une extrême pondération.

En critiquant l'Intellectualisme, il est clair qu'il est difficile d'éviter le paradoxe. Quoi qu'il en soit, on voit combien les études philosophiques de M. Poincaré arrivaient à propos. Oui, certes, il avait un peu abusé du mot « commode » et on allait en abuser, plus encore.

Philosophe très fin, et même très subtil, M. Le Roy s'inspire d'abord de M. Poincaré puis, de plus en plus voisin de M. Bergson, il semble dire qu'il n'existe pas de « fait brut », pas de « loi scientifique », tout le travail de la science rationnelle se réduisant à un immense schème conventionnel. Quelle exagération ! Les astronomes prédisent une éclipse de Soleil et l'observent. Bien certainement, il y a des *conventions*, pour mesurer le temps. Oui, il y a des conventions touchant la

position exacte des astres, puisque la réfraction fait placer la lunette dans une direction autre que la ligne droite.

Mais finalement, *je vois une ombre* sur le Soleil ou je ne la vois pas...

Dans le laboratoire, mon galvanomètre balance son aiguille, ou bien l'aiguille est fixe.

Il y a du vent ou non, de la pluie ou non. Ce sont des faits bruts ; nos sens les affirment, et ces *affirmations du sens commun*, la science les traduit dans une langue qui, elle, est artificielle et conventionnelle. C'est notre langue scientifique qui repose sur mille artifices de simplification, de symbolisme, mais, au départ et à l'arrivée, il y a, pour le savant, le fait brut du sens commun. Le nier, c'est diminuer la science.

Le point de vue *du sens commun, de la science*, M. Poincaré l'a défendu vigoureusement lorsqu'il a vu M. Le Roy mutiler vraiment la science, en se plaçant au point de vue d'une métaphysique terriblement subtile. La discussion de M. Poincaré fut parfaitement courtoise ; il n'hésita pas à reconnaître qu'il ne suivait pas facilement la pensée de son élève, qu'il ne possédait pas la clé de son langage.

Mais enfin, dit-il (1) « entre l'énoncé d'un *fait brut* et l'énoncé d'un *fait scientifique*, il y a la même différence qu'entre l'énoncé d'un même fait brut dans la *langue française* et dans la *langue allemande* ».

Les philosophes trouveront ceci un peu bref, mais sous cette forme lapidaire, il y a certainement plus de vérité que dans l'affirmation contraire.

« Que reste-t-il donc (2), dit M. Poincaré, de la thèse de M. Le Roy ? C'est que le savant intervient *activement* en *choisissant les faits* qui méritent d'être obser-

(1) *La Valeur de la Science*, page 227.
(2) *La Valeur de la Science*, page 233.

vés. Un fait isolé n'a, par lui-même, aucun intérêt ; il en prend un si l'on a lieu de penser qu'il pourra aider à en prédire d'autres ».

Le savant est en présence du Cosmos immense ; il ne peut tout regarder, le temps lui manque ; il faut donc qu'il regarde bien ; il doit *choisir* ; s'il sait choisir, il est grand. Cela, M. Le Roy l'a bien vu !

Le savant doit être doué, à la fois, d'une imagination ardente et d'un esprit critique très puissant. Force, finesse, opiniâtreté : la patience c'est le génie... quand il y a, avec la patience, l'imagination créatrice et la dissolvante critique, le sens esthétique ne faisant pas défaut, ni la curiosité.

Le choix du fait significatif, du fait simple, du fait à grand rendement, n'est-ce pas aussi l'art de l'historien ?

M. X. a fouillé des archives, sa vie durant, et jamais rien n'est sorti ... M. Y., au contraire, a toujours la main heureuse, et c'est qu'il y a une tête qui dirige cette main, et c'est qu'il est des hasards heureux qui ne favorisent jamais que les gens d'esprit.

Le choix du fait, le tact, c'est ce qui distingue le copiste de l'*écrivain*, le professeur du *maître*, le pion du *savant*, le goujat de l'homme de bonne compagnie !

Lire, c'est choisir, travailler c'est choisir et vivre, à chaque instant, c'est choisir...

CONCLUSION

J'ai essayé de marquer quelques-uns des traits saillants d'une originale et grande figure.

M. Poincaré laisse une œuvre scientifique immense. Il avait une grande facilité d'*assimilation*, et je n'en retiendrai comme preuve que la revue critique qu'il fit, en quelques années, de toute la Physique.

Chaque fois qu'une *généralisation* s'offrait, M. Poin-

caré la réalisait, et avec quel bonheur! Et quand la généralisation est celle qui, de l'inversion des intégrales elliptiques, nous conduit aux fonctions fuchsiennes, ce n'est plus une extension, ce n'est plus un bon mémoire de savant, c'est une *création* extraordinaire!

Et comme sa mémoire le servait à propos : voyez plutôt la géométrie non euclidienne intervenant juste à point, au moment où la théorie des groupes fuchsiens présentait un point noir.

M. Poincaré se plaignait de sa mémoire. Assurément, il faut le croire, il n'avait pas de mémoire pour les événements insignifiants, mais, ce qu'il avait vu une fois, il le revoyait dès qu'il en avait le désir. Il pensait si fortement les idées de la science, il s'en imprégnait tellement, qu'à son gré, dès qu'il le souhaitait, l'idée revivait en lui, comme revivent, en nous, les émotions esthétiques qui furent fortes.

M. Poincaré est bien plus grand comme savant que comme philosophe. Mais, en tant que philosophe, il pratique l'introspection avec une sincérité absolue. Il n'a pas de système, de sorte qu'il n'a aucune tentation d'être de mauvaise foi comme il arrive parfois à ceux dont un fait nouveau gêne le système (1).

Il est sincère et il est modeste; sa personne s'efface complètement devant les idées.

De nombreuses équipes d'ouvriers, pendant longtemps, travailleront sur les plans de ce grand architecte, et nous lui devons une très grande reconnaissance.

M. Poincaré fut un très grand et génial savant et il

(1) A certains moments, l'intellectualisme de M. Poincaré le porte jusqu'au lyrisme, si bien qu'il semble dire : « le monde a été créé pour que j'en fasse la science... »

A d'autres moments, il est moins exclusif et il situe très exactement la connaissance scientifique positive à sa vraie place, dans l'ensemble des activités humaines.

faudrait être bien mesquin pour lui refuser cette épithète « grand ».

Méfions-nous des petites gens et des gens à système qui voudraient tout rapetisser et souvenons-nous de la pensée généreuse et haute de Thomas Carlyle : « le grand homme avec sa libre force directement issue de la propre main de Dieu est l'éclair... toutes choses flambent autour de lui quand il les a une fois frappées, changées en feu pareil au sien propre. »

Vte Robert d'Adhémar.

L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER

ET LE PARLEMENT

1897-1911

La question de l'autonomie administrative et financière des chemins de fer de l'État, remise à l'ordre du jour par l'arrêté ministériel du 19 février dernier instituant une commission spéciale d'étude, est aussi ancienne que le réseau lui-même. Elle a été posée dès le début de l'exploitation par ceux qui voulaient, dans la mesure du possible, enlever aux adversaires du système de la régie l'argument puissant du danger politique et financier que présente, dans un état démocratique, la gestion par les pouvoirs publics d'une aussi vaste entreprise ; elle est devenue de plus en plus importante, à mesure que le produit des péages a pris une place plus marquée au budget des voies et moyens, mettant toujours davantage en danger l'équilibre général de nos finances, par suite des fluctuations inévitables dans les revenus d'une entreprise industrielle liée d'aussi près à la prospérité générale du pays.

Complétant des études déjà parues dans cette Revue, nous voudrions en ces quelques pages faire un exposé sommaire de ce qui a été dit au Parlement au sujet de la question ; on verra que des solutions fort diverses ont été proposées ; les ministres ont fait à plusieurs reprises des déclarations pleines de promesses, mais c'est tout. Aucun projet détaillé n'a vu le jour devant

nos assemblées législatives, et si l'on ne connaissait la conscience qu'apporte le département des chemins de fer à la gestion des grands intérêts qui lui sont confiés, on pourrait croire que ces nombreux échanges de vues n'ont trouvé aucun écho. Ce n'est pourtant pas le cas, puisque la question a été plusieurs fois soumise à une étude sérieuse.

Nous n'avons pas voulu remonter jusqu'aux origines ; l'exposé de ces longues controverses serait fastidieux. Nous avons pris comme point de départ la date relativement rapprochée de 1897. C'est en effet à cette époque que le réseau a été définitivement constitué par le rachat du Grand Central Belge. La discussion des questions « ferroviaires » a pris dans les Chambres une telle extension lors du vote du budget des voies et moyens, du budget des chemins de fer, du budget de la dette publique ou du budget extraordinaire, que dans ce cycle de quinze ans, il est bien peu de questions dignes d'intérêt qui n'aient été traitées à fond.

Lorsqu'on parle aujourd'hui de changer notablement l'organisation des chemins de fer de l'État, il semble que l'on veuille porter la main sur une institution ayant reçu depuis longtemps sa forme définitive. On s'imagine difficilement que le débat entre les partisans de l'exploitation par l'État et ceux de l'exploitation par les compagnies est à peine clos, et que malgré la victoire de la première de ces formules, des modes d'application très variés peuvent être mis en œuvre. On oublie qu'il y a quinze ans, dans son rapport retentissant rédigé au nom de la section centrale chargée d'examiner la convention de rachat du Grand Central, M. le Ministre d'État Helleputte disait expressément qu'il y avait lieu « de réserver le principe même du mode qui devrait être préféré pour l'exploitation du réseau unifié ». On sait que l'honorable membre de la Chambre ne cachait pas ses sympathies pour le sys-

tème de l'affermage des lignes à une société d'exploitation et qu'il avait fait une critique très vive des méthodes étatistes ; il importe de souligner la chose, bien que M. Woeste déclarât immédiatement ne voir là qu'une conclusion platonique ; il importe de souligner aussi que dès cette date M. Vandervelde signala à l'attention de ses collègues le projet de loi qui est devenu la loi suisse de 1897 instituant l'autonomie des chemins de fer fédéraux, loi pour laquelle M. le Ministre des chemins de fer actuel a montré à plusieurs reprises une vive sympathie. Le leader socialiste devait revenir sur la même idée le 30 avril 1900 et d'autres fois encore.

C'est surtout la question de l'autonomie financière qui a attiré l'attention des parlementaires. Les variations du solde du compte des chemins de fer sont un gros élément de perturbation dans le budget. Le tableau que nous reproduisons à la fin de cet article montre que d'une année à l'autre l'écart peut dépasser dix-sept millions. En outre, on tenait beaucoup, au moment du rachat, a être fixé sur les résultats exacts de l'opération ; pour cela il aurait été nécessaire de grouper en un même compte toutes les dépenses effectuées.

C'est ce qui faisait dire à M. le Baron Descamps dans son rapport sur la reprise :

« N'est-il pas désirable, comme l'a demandé à la Chambre l'honorable M. Fris, qu'une comptabilité spéciale des lignes reprises soit inaugurée afin de permettre au gouvernement et à la législature de se rendre facilement compte des résultats de l'exploitation annuelle ? La commission estime que cela est possible et serait avantageux. Elle saisit cette occasion pour appeler l'attention de M. le Ministre des chemins de fer sur la nécessité de faciliter aux membres de la législature le moyen de se rendre plus aisément un

compte exact de l'entreprise générale des chemins de fer — un compte se rapprochant davantage, dans la mesure pratiquement possible, du bilan des entreprises industrielles similaires ».

Mais au cours de la discussion on s'attaqua plus directement encore au problème. M. Cooreman, qui siégeait alors au Sénat, montra très clairement les dangers de la fusion des recettes fiscales et des recettes industrielles ; pour parer à l'élément d'instabilité ainsi introduit dans nos finances, il proposait une forte augmentation de la dotation d'amortissement figurant au budget de la Dette publique (1). On aurait eu, de cette façon, une espèce de fonds de prévision ; en cas de déficit du budget, il suffirait de diminuer momentanément le montant des fonds consacrés à l'amortissement pour trouver des ressources importantes. Dans son rapport de la même année sur le budget extraordinaire, il reprenait cette idée en proposant d'éteindre la dette en soixante-six ans ; le 6 août il défendit ses vues dans un discours éloquent, mais qui ne parut pas convaincre le Ministre des Finances.

Nous nous trouvons là devant le premier procédé imaginé pour garantir le budget contre les conséquences des crises du chemin de fer. Il consiste essentiellement, comme on le voit, à réserver quelques millions des recettes ordinaires et à ne pas les affecter à une dépense absolument permanente ; nous verrons comment d'autres ont solutionné le problème ; remarquons seulement que le moyen indiqué pour M. Cooreman n'implique nullement le budget autonome. De même, parmi ceux qui ont défendu le budget autonome, il en est qui n'envisagèrent pas la question de la stabilité du budget général.

L'autonomie du budget des chemins de fer fut dé-

(1) Annales parlementaires, Sénat, 1896-1897, p. 608.

fendue, lors de la reprise, par M. le Sénateur Houzeau de Lehaie, et le 24 juin 1897, la Haute Assemblée put entendre le Ministre des chemins de fer, M. Van den Peereboom, faire la déclaration suivante :

« Il est une autre question très grave... c'est celle de savoir s'il y a lieu de revenir à cette pensée si souvent exprimée par l'honorable M. Malou, de constituer une exploitation des chemins de fer dont les recettes et les dépenses ne seraient pas rattachées directement au budget. Vous savez combien M. Malou a préconisé cette idée. Je ne sais pas pourquoi il ne l'a pas réalisée. Plus tard l'honorable M. Beernaert y était moins favorable et je pense que l'honorable M. de Smet de Naeyer n'y serait pas opposé. Si nous pouvions séparer l'exploitation des chemins de fer en recettes et en dépenses du budget général, peut-être y trouverions-nous de grands avantages ». Le ministre continuait ensuite en montrant que le département des chemins de fer ne pouvait être tenu en bride par celui des finances ; il se demandait aussi s'il lui serait possible de défendre l'avoir de sa caisse particulière, s'il en avait une, et c'était là une considération qui devait dominer l'attitude que M. Liebaert allait prendre plus tard. M. Van den Peereboom conclut en disant : « je suis si peu hostile à la réforme que je m'y prépare depuis dix ans » et le Baron Descamps, très occupé à ce moment des réformes de comptabilité opérées par M. de Smet de Naeyer, félicitait en ces termes le ministre des chemins de fer : « la réponse de l'honorable ministre a presque dépassé nos espérances. Nous avons la confiance qu'il étudiera à fond cette intéressante question et qu'il réalisera dans la mesure du possible cette réforme importante ».

Ce qui prouve que la question était envisagée très sérieusement, c'est qu'à son tour le rapporteur du budget des chemins de fer, M. Otlet, l'avait traitée.

Parlant du budget industriel qu'il rêvait, il disait dans son rapport :

« Ce budget devrait être établi par crédit et débit, comprendre toutes les recettes et toutes les dépenses relatives à ces services publics, même les dépenses qui se trouvent dans les autres budgets, notamment les pensions civiles, l'entretien des bâtiments etc., les opérations devant se clore en fin d'exercice, dans un compte général, par un boni et le mali ».

Lors de la discussion du budget, le 3 août 1897, M. Houzeau de Lehaie attira sur la question la très sérieuse attention de ses collègues et le ministre déclara que « défusionner le budget était une grande idée ». Il ajoutait ensuite : « je sais que mon collègue des finances n'y est pas opposé, et quant à moi, je déclare que si on trouve une formule pratique pour la réaliser, on aura obtenu un résultat très important ». Mais il avouait que, pour l'instant, l'organisation du nouveau réseau racheté absorbait tous ses soins.

A la session suivante (1897-1898) c'est encore au Sénat que fut agitée la question. M. Otlet, de nouveau rapporteur, y consacra un long paragraphe au nom de la commission spéciale de la Haute Assemblée. La réforme lui apparaît comme ayant surtout des avantages au point de vue de la justesse des statistiques, beaucoup de calculateurs se trompant dans leurs évaluations de nos charges d'impôt, par suite de la composition hétérogène du budget des voies et moyens. L'honorable sénateur se fit un plaisir de prendre acte des déclarations de M. Van den Peereboom du 24 juin précédent et conclut : « Il ne s'agit que de mettre la main à la l'œuvre pour réaliser cette réforme désirée de tous ».

La discussion du budget qui s'ouvrit le 4 mai amena quelques précisions. M. Houzeau de Lehaie, dont le nom reviendra souvent sous notre plume, exposa les

principes directeurs de l'organisation qu'il souhaitait voir adopter ; c'est, lui aussi, à la loi suisse qu'il recourt ; il lui emprunte le texte même de ses formules : comptabilité distincte, affectation des bénéfices au payement des intérêts et de l'amortissement du capital, emploi du surplus dans l'intérêt du réseau. Quant à l'organisation administrative, il préconisa la création d'un conseil consultatif dont la compétence s'étendrait jusqu'à l'examen du budget (1).

La réponse du ministre vint le lendemain (2). Elle était inspirée beaucoup plus par des considérations de politique générale que par l'esprit de réforme. On se souvient que M. Van den Peereboom avait pu se donner le joli qualificatif de père nourricier du trésor à cause des bonis plantureux qu'il y versait chaque année. Or, à ce moment, le Comte de Smet de Naeyer appliquait avec énergie ses réformes de comptabilité qui alourdissaient considérablement les charges du budget ordinaire. Le moment était mal venu pour le priver d'une recette importante. « On peut formuler un principe, disait M. Van den Peereboom, montrer les avantages à réaliser, mais lorsqu'on arrive à la pratique, on se heurte souvent à de sérieux obstacles. Il faut d'abord créer des ressources pour le budget général. Le chemin de fer est une des ressources qui l'alimente, du moins actuellement ; il faut donc que le budget général soit maintenu en équilibre ».

Après ces réserves basées sur les circonstances et formulées avec une louable franchise, le ministre montra sa sympathie à l'idée de créer un fonds de réserve pour les années de déficit, et prouva combien son existence eût facilité la tâche de M. Graux au ministère des finances. Il souligna l'utilité de ne pas

(1) Annales parlementaires, Sénat, 1897-1898, p. 431.
(2) Annales parlementaires, Sénat, 1897-1898, p. 438.

considérer isolément les chemins de fer et les autres voies de communication, comme les canaux, les routes. Quant au conseil consutatif, il en repoussa énergiquement l'idée. Il ne voulait rien de ce qui ressemblât à une commission. « J'avoue que je ne recours à une commission, disait-il avec esprit, que lorsque je veux perdre une affaire ».

Nul doute que le procédé, bien employé, ne soit infaillible !

Avec l'année 1898-1899 nous entrons dans une période où le chemin de fer a été l'objet de vives critiques. MM. Hubert et Renkin, tour à tour rapporteurs du budget à la Chambre, agitèrent la question de la situation financière, et l'on aurait pu croire que des réformes profondes en auraient été la conséquence.

L'opinion commençait à s'accréditer que le chemin de fer était, suivant un mot qui fit fortune, « la vache à lait » du trésor. M. Hubert, par de longues recherches, démontra au contraire qu'il avait à peine payé son dû. Parlant ensuite du budget séparé, seul point qui nous occupe ici, il le préconisa nettement, pour assurer le respect de l'amortissement, pour permettre la création d'un fonds de réserve et pour stimuler le zèle de l'administration.

Voici ses propres paroles :

« Il y aurait un moyen de remédier à cet état de choses inquiétant, ce serait de séparer le budget des chemins de fer de l'Etat, d'en faire un budget industriel. Il serait fait un bloc de toutes les dépenses faites par l'État, soit directement, soit indirectement, pour le chemin de fer, et les chemins de fer auraient de ce chef, une redevance fixe à payer à l'Etat ; le surplus appartiendrait au chemin de fer, qui serait tenu d'effectuer annuellement un amortissement calculé comme il l'est actuellement, de façon à ce que les lignes soient complètement amorties à l'époque où les concessions

auraient expiré si elles avaient été concédées à des compagnies. Le solde, le chemin de fer pourrait en garder une partie par prévision des années de perte, constituer un trésor de guerre, et s'il est trop considérable, il l'emploiera à payer une partie des frais de premier établissement qu'il ferait, et il devrait comme cela emprunter d'autant moins à l'Etat.

» Le système n'est pas nouveau ; il a été défendu par les hommes les plus éminents : MM. Malou, Pirmez, Beernaert.

» Il aurait l'avantage de donner une stabilité complète au budget de l'État, et de le mettre à l'abri d'une surprise bien dangereuse. Il permettrait de faire un amortissement réel et complet, et non un amortissement incomplet, et en partie fictif, de notre réseau national.

» Et bien d'autres conséquences heureuses sortiraient encore du nouvel état de choses. Il n'est pas téméraire de penser que les dépenses de premier établissement et d'exploitation diminueraient si les chemins de fer devenaient une exploitation industrielle. C'est bien humain de travailler avec plus d'énergie, d'y regarder de plus près, quand on voit le résultat de ses efforts s'arrondir et former un tout qui demeure en votre possession, que quand on travaille pour l'intérêt général et que l'on voit le résultat de ses efforts s'engouffrer chaque année dans la bourse commune ».

Malheureusement, au moment où ce délicat problème financier se posait devant le parlement, une très vive effervescence a troublé l'atmosphère du Palais de la Nation, rendant impossible toute discussion sérieuse. La gauche socialiste, adoptant une politique d'obstruction, chantait en pleine séance des airs variés, et les graves Annales nous montrent l'honorable M. Vandervelde lançant vers le bureau des boulettes de papier. L'intéressant discours de M. Renkin, à la date du

27 juin, fut prononcé dans le plus affreux vacarme qu'on pût imaginer. Il s'attaqua, lui, à la comptabilité elle-même qu'il voulait voir purger de toute fiction avant que l'on pût songer à une autonomie quelconque.

Le calme étant revenu, M. Anseele exposa le point de vue socialiste : autonomie financière, avec collaboration du personnel à la direction du réseau. Mais la situation politique étant troublée, M. Hubert dut reconnaître que l'heure de la réforme n'était pas encore venue. Il resta pourtant son plus ardent défenseur. Le projet de budget n'arriva que le 15 juillet au Sénat et la commission, en signe de protestation contre ce retard, s'abstint de toute remarque.

En 1900 c'est M. Renkin qui se chargea du rapport à la Chambre ; il devait exercer cette mission jusqu'en 1905 avec un zèle et une indépendance remarquables. La collection de ses travaux forme une histoire complète des finances de nos chemins de fer et un arsenal de critiques sévères des méthodes employées. Cette première année, il étudia surtout les causes du désarroi survenu dans les transports, l'état du matériel, le coût probable des travaux de développement et de parachèvement du réseau. Il ne toucha pas à la question du budget autonome. Dans cet ordre d'idées, la section centrale se borna à demander au gouvernement s'il était possible, conformément au vœu émis à plusieurs reprises pendant la discussion du rachat des lignes concédées, de fournir la comptabilité particulière des lignes reprises. L'administration répondit que ce serait d'une difficulté extrême et qu'elle ne saisissait pas bien l'intérêt attaché à ces recherches.

Au cours de la discussion M. de Broqueville réclama le 24 avril l'institution d'un conseil supérieur, composé de fonctionnaires du Département, de commerçants et d'industriels ; selon lui, une réunion d'hommes aussi

compétents aurait sans doute empêché que le chemin de fer ne fût surpris par l'énorme extension du trafic ; il montrait aussi que l'existence de ce conseil rendrait plus légère la lourde responsabilité du ministre.

M. Hubert, reprenant quelques idées énoncées dans son rapport de l'année précédente, insista sur la nécessité d'amortir les lignes et sur la structure financière de l'entreprise (1) ; à quoi le ministre, M. Liebaert, répliqua qu'il y avait à ce sujet des mètres cubes de notes au ministère des finances et que la question serait plus utilement traitée lors de la discussion du budget des voies et moyens ; M. Liebaert se prononça cependant un peu plus nettement au Sénat. Il admit sans ambages que, théoriquement, le système de la comptabilité séparée est irréfutable ; nous verrons que, plus tard, lorsque l'honorable ministre eut pris le portefeuille des finances, il fut moins catégorique ; mais déjà il faisait ses réserves, car il craignait la difficulté de régulariser les soldes tantôt bons, tantôt mauvais, sans l'intervention du budget général. Il est clair que cette crainte était parfaitement justifiée, tant qu'on ne prévoyait pas un fonds de réserve sérieux.

En 1901 la majeure partie du rapport de M. Renkin est consacrée à la situation financière. L'honorable membre se range tout à fait parmi les partisans du budget spécial. Il disait à la Chambre le 11 juillet (2) :

« Le chemin de fer doit être géré industriellement. Sa dette devrait être distincte de la dette publique et l'on peut regretter, aujourd'hui, qu'à l'origine on n''ait pas créé une dette spéciale des chemins de fer dont le service eût incombé exclusivement à cette administration et n'eût pas été confondu avec le service de la dette publique générale, dont l'amortissement

(1) Annales parlementaires, Chambre, 1900-1901, p. 1140.
(2) Annales parlementaires, Chambre, 1900-1901, p. 1879.

eût été dominé par les règles suivies en la matière par les sociétés concessionnaires ».

C'était aller au delà de ce que demandaient beaucoup de partisans du budget autonome. L'idée de l'emprunt spécial du chemin de fer avait pourtant des défenseurs. Ainsi, le 18 mars 1904, M. le Sénateur Finet qui s'était fait une spécialité de traiter les questions de crédit public en défendit le principe. Il rappela ses articles du JOURNAL DE CHARLEROI de 1880 et la proposition faite au Sénat par M. Baliseaux et repoussée par M. Graux dans un discours du 15 juin 1881. Citons aussi l'avis de M. Van den Nest favorable à une dette spéciale rapidement amortissable, exprimé au Sénat le 23 mars 1904. Disons dès maintenant que M. Liebaert s'opposa toujours à toute mesure portant atteinte à l'unité de la dette publique, celle-ci tout entière devant être garantie par l'ensemble des revenus de l'État. Quant à se borner à faire une émission spéciale de taxes pour les chemins de fer, il n'y voyait guère qu'une question de vignette (1).

Le discours de M. Renkin amena le 16 juillet la réplique du ministre. L'honorable M. Liebaert disait qu'aucun ministre des chemins de fer ne pourrait être hostile à l'autonomie ; mais il se retranchait aussitôt dans une prudente réserve : « c'est une question gouvernementale, puisqu'elle engage tout notre organisme financier ; c'est peut-être même une question législative. » Sur quoi M. Demblon de s'écrier prophétiquement : « Plantons un orme ! »

M. Renkin s'en prenait avant tout aux fictions qui, selon lui, troublaient tout l'organisme de nos chemins de fer. Répondant au reproche de vouloir, par l'autonomie, créer une fiction nouvelle, il montrait qu'il dé-

(1) Voir notamment ANN. PARL. Sénat, 1903, p. 474.

fendait une autonomie effective. Voici comment, à la séance du 24 juillet, il précisait sa manière de voir :

« Parler d'autonomie financière des chemins de fer vis-à-vis de l'État, c'est employer une expression impropre. Il vaut mieux dire que la gestion financière de l'État industriel doit être tenue distincte de celle de la gestion financière de l'État pouvoir, et qu'elle doit s'en distinguer non seulement dans les écritures, mais dans toutes ses opérations. Le budget des chemins de fer au lieu de n'être qu'un budget de dépenses d'exploitation, devrait être un budget de recettes et dépenses ordinaires et extraordinaires comprenant d'une part tous les péages portés au budget des voies et moyens, et d'autre part les frais d'exploitation, les parts des compagnies, les charges financières : intérêts, amortissements et pensions. Avec un pareil budget la situation du chemin de fer apparaîtrait beaucoup plus clairement. »

Au Sénat M. Hanrez défendit la même conception à la séance du 6 août, et M. Dupont s'y montrait favorable le 9. M. Renkin avait demandé l'installation d'une commission d'étude qui devait en même temps reviser le compte capital de la régie ; l'honorable ministre d'État disait à ce sujet : « J'adjure le gouvernement d'entrer dans la voie que préconisent la section centrale et un grand nombre de membres de cette assemblée. En le faisant, il rendra service au pays, et les membres des chambres ne se trouveront plus dans cet état de malaise et d'incertitude que beaucoup éprouvent comme moi-même. »

Quant au conseil consultatif dont il avait été question l'année précédente, M. Renkin en reconnaissait l'utilité pour la confection des statistiques nécessaires à la préparation des tarifs (1), mais limitait là son action.

(1) Voir *Rapport*, 1901, p. 98.

M. de Broqueville défendit son ancienne manière de voir (1) ; au Sénat MM. Delannoy et Wiener défendaient des conceptions semblables (2).

Dans son rapport sur le budget de 1902, M. Renkin reprit son poste de combat ; mais il faut se souvenir que son attention se portait plutôt sur le fond même de la comptabilité que sur sa forme ; son rapport, daté du 12 mars, forme un volume de plus de 180 pages grand format. Après un historique détaillé de la comptabilité employée, il conclut à la répudiation de toutes les fictions. C'était à son avis le préambule nécessaire. Après cela seulement on pourrait songer à créer le budget spécial, selon le vœu de la section centrale de 1899, et distraire de l'ensemble de la dette le montant du capital des chemins de fer afin de l'amortir très rapidement. Il y a lieu de rapprocher cette façon de voir de celle formulée par M. Levie dans son rapport sur le budget de la dette publique de la même année : tout en ne croyant pas que dans l'état actuel des choses on pût réaliser la réforme, il priait le gouvernement d'étudier la séparation complète.

Au Sénat, le rapporteur, M. le Baron Ancion s'attacha surtout à défendre la comptabilité de l'administration contre les critiques de M. Renkin. C'est encore M. Hanrez qui rompit une lance en faveur de l'autonomie. Le rapport de M. Raepsaet sur le budget des voies et moyens de 1903, discuté au Sénat à la fin de décembre 1902, se fit l'écho de la même préoccupation. Il nous y est dit qu'au sein de la Commission des finances, des membres émettent l'avis « qu'à l'instar du système allemand il soit établi un budget spécial pour le chemin de fer comprenant sa comptabilité industrielle complète ».

(1) Annales parl., Chambre, 1900-1901, p. 1959.
(2) Annales parl., Sénat, 1900-1901, p. 603 et 613.

En 1902, M. Renkin revint encore à la charge ; insistant plus longuement qu'auparavant, il déclarait que l'erreur fondamentale résidait dans la confusion de l'État pouvoir et de l'État industriel ; sur ce point le Baron Ancion ne le combattit pas. Le 12 août, il disait à son tour au Sénat : « Si modifiant la loi sur la comptabilité de l'État, le gouvernement décide de séparer complètement les comptes des chemins de fer des comptes généraux de l'État, j'y applaudirais des deux mains. Cela empêchera ceux qui en dehors du parlement jugent superficiellement les choses, de présenter la situation de notre railway sous un jour absolument faux, et cela empêchera aussi ceux qui comparent nos budgets de dépenses d'aujourd'hui à nos budgets d'il y a dix, quinze et vingt ans, sans tenir compte de l'augmentation résultant de l'exploitation de nos chemins de fer, de tirer de cette comparaison des conclusions absolument fantaisistes, parce qu'ils négligent de mettre en regard de cette progression de dépenses l'augmentation des recettes du railway. »

On le voit, c'est le même point de vue que celui de M. Otlet ; M. Renkin voyait au contraire dans le budget spécial l'instrument d'une réforme dans les méthodes financières, exécutable seulement après une sévère revision de la comptabilité. Il le prouvait bien lorsque, le 31 juillet (1), il exposait à la Chambre les règles adoptées en Suisse pour prévenir l'inflation exagérée des charges de capital. Remarquant que le Comte de Smet de Naeyer distinguait dans ses exposés de budget, les recettes et dépenses des chemins de fer des autres crédits, il lui disait : « Établissez dans la réalité cette distinction qui n'existe encore que dans vos exposés de motifs. Séparez du budget de l'État, le budget des chemins de fer. Ramenez-le du régime politique

(1) Annales parlementaires, 1903, p. 2293.

qu'il subit au seul régime qui lui convient, savoir le régime industriel. Pareille réforme serait excellente ; elle est même indispensable. Sans elle nous ne savons pas quelles calamités pourront sortir de cette boîte de Pandore ».

La session 1903-1904 vit de nouveau une longue et complète discussion du budget des chemins de fer ; les mêmes tendances se manifestèrent. En terminant, à la séance du 10 février, un long discours où il réfutait les vues par trop pessimistes de M. Renkin, M. Hubert revint sur les considérations qu'il avait fait valoir en 1899 en faveur du budget autonome. Il ajoutait que l'accroissement continu de la dette publique rendait la réforme d'autant plus importante qu'il fallait montrer clairement aux étrangers la solidité de notre crédit. « Il faudrait tout simplement une petite entente entre M. le Ministre des finances et M. le Ministre des chemins de fer pour savoir quel est le capital qu'il faudrait porter au débit du chemin de fer, fixer l'intérêt et l'amortissement que celui-ci doit payer, et que le parlement vote un petit bout de loi pour modifier la loi de comptabilité générale » (1).

MM. Renkin (2) et Vandervelde abondèrent dans le même sens. Ce dernier cita l'autorité de M. Weissenbach, président de la Direction générale des chemins de fer fédéraux suisses et parla de la « cloison étanche » à créer entre les finances de l'État pouvoir et celles du réseau. Le 18 février M. Levie, plusieurs fois rapporteur du budget de la dette et aujourd'hui ministre des finances, entra résolument en lice. Il constata que depuis qu'il siégeait au parlement, il n'avait entendu aucun discours hostile à l'autonomie ; son langage fut l'anticipation presque littérale de son rapport sur le

(1) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre, 1904, pp. 568 et 832.
(2) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre, 1904, p. 569.

budget des voies et moyens de 1911 et nous renvoyons dès maintenant à ce document quiconque veut connaître la pensée de l'honorable ministre. A la même séance (1), M. Woeste réclama une conclusion pratique ; il invita MM. Renkin et Levie à formuler leur programme dans une proposition nette, ne voyant dans les promesses de bienveillant examen du ministre « qu'une réponse polie ». En réalité, elles valaient plus que cela, car le Département ne perdait pas la chose de vue. Le 25 février, M. Liebaert pouvait dire en toute sincérité qu'on étudiait la question (2). « L'autonomie entendue dans son véritable sens, continuait-il, veut dire défense pour l'État de puiser dans la caisse du chemin de fer, et comme contre-partie, défense aussi pour le chemin de fer de puiser dans la caisse du Trésor. Or, c'est de ce côté que la question devient extrêmement délicate. » Et le ministre montrait ouvertement ses craintes d'instaurer ce qu'il appelait joliment « une autonomie léonine ». Il s'attaqua ensuite avec vigueur à l'expression « cloison étanche » employée par M. Vandervelde. Il se refusait à concevoir la possibilité d'un organisme administratif absolument indépendant du pouvoir législatif et prouva que les chemins de fer fédéraux eux-mêmes subissaient l'effet des mesures votées par le Parlement. Mais sa réponse laissait l'espoir de voir réaliser les desiderata formulés par tant de voix autorisées.

Pourtant rien ne devait venir. En 1905, l'année du jubilé national, M. Hubert reprit le poste de rapporteur de la Section Centrale ; son œuvre résume les récents débats sur la comptabilité des chemins de fer et fixe les points sur lesquels on est arrivé à un accord. Il rappelle, et le Baron Ancion fit de même au Sénat,

(1) Annales parlementaires, Chambre, p. 606.
(2) Annales parlementaires, Chambre, p. 754.

ses vœux en faveur de l'autonomie ; le rapporteur du budget des voies et moyens pour 1906, disait à son tour au Sénat : « Les parties de nos budgets qui concernent nos grandes régies gagneraient sans doute à se rapprocher davantage, dans la mesure du possible, de la comptabilité industrielle proprement dite ». Même écho en 1907. Le 28 décembre 1905 et le 20 décembre 1906, MM. les sénateurs Wiener et Hanrez montrèrent un souci identique.

En 1907, M. Hubert est encore rapporteur du budget des chemins de fer à la Chambre. La grande controverse sur la comptabilité paraît close ; le compte rendu des opérations du réseau, paru en 1906, consacrait quelques-unes des réformes de comptabilité réclamées. Cela n'empêcha pas M. Hubert, effrayé de la hausse continue du coefficient d'exploitation, de revenir sur une idée ancienne et de signaler, en opposition avec le régime établi, le système de l'affermage des lignes à une société, ce qui donnerait au budget des voies et moyens une stabilité complète (1). Il constatait que « c'est en vain que la Section Centrale a demandé à différentes reprises que le budget des chemins de fer fût distrait du budget général ». Il terminait en rappelant que plusieurs membres avaient naguère demandé l'attribution du service de la marine à un département autre que celui des chemins de fer, où il n'est qu'un petit accessoire. On proposait le ministère des Affaires Etrangères. On sait qu'actuellement les services maritimes relèvent à la fois du ministère des Chemins de Fer et du ministère des Travaux Publics.

Ces considérations n'ayant soulevé aucun débat intéressant, nous pouvons passer à 1908. M. Helleputte a remplacé M. Liebaert à la tête du railway et ce dernier a succédé au Comte de Smet de Naeyer au ministère

(1) Voir *Rapport*, pp. 17 et 20.

des finances. Il y a lieu de noter un discours prononcé par M. Vandervelde le 5 février, où il défend le principe de l'exploitation par l'État et préconise, à son habitude, la distinction de l'État pouvoir et de l'État industriel telle qu'elle est réalisée en Suisse (1). Le débat ayant pris quelqu'ampleur, M. Helleputte rencontra à la séance du 20 février les objections du leader socialiste. Il s'en prit particulièrement à l'expression « cloison étanche » affectionnée par M. Vandervelde. Il fit voir que l'application stricte de cette formule serait tout simplement un retour à une exploitation non contrôlée. A ce système outré il opposa le système italien (2). Mais, vu les pouvoirs considérables laissés au ministre, il se refusait à y voir un idéal. « Je dis sans crainte d'être démenti, affirmait-il, qu'en pratique, ce régime appliqué en Belgique donnerait lieu à tous les inconvénients dont nous nous plaignons, et que la discussion du budget notamment ne serait pas raccourcie d'une heure ou d'un discours » ; l'État restant « le Monsieur richissime, chacun tâchera toujours de puiser le plus possible dans son trésor ». Prévoyant les réformes désirables, l'honorable ministre insistait surtout sur la nécessité de donner à l'administration des chemins de fer des pouvoirs plus étendus pour la conclusion des marchés ; il préconisait à son tour la constitution d'un fonds de réserve qui permettrait de solder les déficits et de subir plus facilement les oscillations si marquées des prix du charbon (3). Quant à l'opportunité d'une dette spéciale, M. Helleputte se bornait à poser la question, après avoir constaté que la situation actuelle est assez trompeuse.

Le 28 février l'ancien chef du cabinet, le Comte de Smet de Naeyer appuyait vivement l'idée d'un fonds

(1) Annales parlementaires, Chambre, 1907-1908, p. 638.
(2) Annales parlementaires, Chambre, 1907-1908, p. 840.
(3) Annales parlementaires, Chambre, 1907-1908, p. 845.

régulateur (1). « Il conviendrait à mon sens, disait-il, de créer un fonds spécial des charbons dont le fonctionnement permettrait d'établir des moyennes et de substituer, dans la comptabilité du chemin de fer, des prix d'achat uniformes, aux cours variables dont l'instabilité compromet périodiquement l'équilibre du budget. » C'était l'idée exprimée auparavant par de nombreux orateurs, mais appliquée à un point spécial de l'organisation financière du réseau. M. Cousot, rapporteur à la Chambre du budget des Voies et Moyens pour 1909, devait y toucher une fois de plus lorsqu'il écrivait : « La création d'une réserve se recommande comme une réforme facile, utile et urgente. Dans les années de bénéfice on attribuerait à cette réserve une partie des bonis. Ainsi se constituerait un fonds de prévision. Celui-ci ayant atteint un certain capital suffisant pour donner une redevance annuelle au Trésor et pour combler le déficit de l'exploitation, servirait de véritable régulateur » ; et M. Denis, dans la note de la minorité, insistait, lui aussi, sur le danger de cette instabilité dont souffre notre budget. Le 16 décembre 1908, M. Liebaert livrait à cet égard le fond de sa pensée. Parlant du fonds de réserve proposé, il disait : « Cette idée m'a parfois tenté pendant que j'avais la gestion du chemin de fer, et principalement au début de ma gestion ; mais j'y ai délibérément renoncé, quoiqu'elle soit excellente en principe, parce que l'expérience m'a convaincu que j'aurais inutilement monté la garde autour de cette réserve » (2). Il y a lieu de noter que ce qui a déterminé l'opinion de M. Liebaert, ce n'est pas un revirement sur la thèse, mais la seule considération de ce que nous appellerons, irrespectueusement peut-être, la voracité parlementaire.

(1) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre, 1908-1909, p. 948.
(2) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre, 1908-1909, p. 332.

Quant à l'autonomie du réseau, bornons-nous à signaler les discours socialistes du 21 février 1908, à la Chambre, et au Sénat, ceux de M. de Lanier et Hanrez du 31 mars (1), et celui de M. Helleputte du 3 avril (2).

M. Hubert, dans son rapport sur le budget des chemins de fer de 1909 fit certaines comparaisons entre notre réseau et le réseau suisse. Parlant du bilan des chemins de fer fédéraux qu'il reproduisait en annexe, il disait : « Nous n'y remarquons rien de saillant ; la forme en est toutefois plus claire et permet de mieux saisir d'un coup d'œil la situation. Pour arriver au même résultat chez nous, il faut de nombreuses recherches dans le compte rendu analytique.... Il faut toutefois reconnaître que l'amortissement est indiqué plus clairement que chez nous, et qu'il est un peu plus élevé.... Il est donc à souhaiter qu'au bilan avec soldes accumulés tel qu'il nous est donné dans le compte rendu, on substitue un bilan et un compte de profits et pertes pour chaque année, sous la même forme que le bilan suisse ou une forme appropriée ». L'honorable rapporteur consacrait ensuite un paragraphe à la question de l'autonomie à laquelle la section centrale était toujours unanimement favorable. Il citait ses propres paroles de 1898, et montrait que les onze années écoulées n'avaient en rien diminué leur actualité, au contraire ; mais aucun programme précis n'était encore indiqué et la section centrale se bornait à dire que la question devait faire l'objet de la part du gouvernement d'un examen approfondi. Dans le rapport du budget des Voies et Moyens pour 1910, M. Hubert toucha encore au même point.

C'est à M. Levie que devait revenir l'honneur de

(1) Annales parlementaires, Sénat, 1908, pp. 440 et 444.
(2) Annales parlementaires, 1908, p. 491.

faire en faveur de l'autonomie du réseau la manifestation la plus marquante que nous ayons eu à relever. Son rapport sur le budget des Voies et Moyens de 1911, déposé quelques mois avant son entrée au ministère, contenait le schéma d'une réforme qu'il avait si souvent préconisée dans ses discours.

Le 15 décembre 1910, M. Hubert rencontra les observations de l'honorable rapporteur (1), et son attitude marqua, comme il le dit lui-même, une volte-face complète. Il réclama le maintien de la fusion budgétaire et son discours fut souligné par de nombreux « Très bien ». M. Hubert semble avoir été inspiré par des sentiments assez pessimistes. Ce qu'il demandait jadis « c'était de donner à l'exploitation des chemins de fer une allure plus industrielle au lieu de s'en tenir à une exploitation bureaucratique. J'entrevoyais de grands avantages dans une pareille réforme. A ce moment j'avais encore des illusions, mais elles disparaissent un peu, et je crains qu'on n'arrive jamais à sortir l'exploitation de l'État de l'ornière dans laquelle elle se trouve. » M. Hubert se basait aussi, pour justifier son évolution, sur la persistance probable des déficits qui allaient empêcher la création d'un fonds de réserve, pièce essentielle du système ; en outre devant les relèvements de salaire indispensables, il fallait, à son avis, laisser ouvert le recours au budget général. M. Liebaert s'en prit également aux idées défendues par M. Levie et nous renvoyons le lecteur à son discours clair et complet (2). Il distingua « l'autonomie intellectuelle » qui existe puisque la comptabilité distingue, dans le Compte rendu, la dette des chemins de fer de la dette générale, et l'autonomie effective qui, selon lui, viendrait rompre ce qui est nécessairement

(1) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre 1910-1911, p. 306.
(2) ANNALES PARLEMENTAIRES, Chambre 1910-1911, p. 318.

solidaire et irait à l'encontre de la tendance vers l'unité du budget qui se manifeste dans la plupart des pays.

Plusieurs membres montrèrent cependant un vif intérêt pour le projet de M. Levie ; après l'entrée au ministère de l'honorable député de Charleroi, quelques-uns parurent craindre qu'il n'eût perdu de vue cette importante question. Sa déclaration au Sénat du 21 décembre 1911 corroborée par celle du Chef du cabinet, faite le lendemain même à la Chambre, prouve qu'il n'en est rien. Au cours de la discussion de son budget, M. le ministre des chemins de fer ne cacha pas d'ailleurs qu'il étudiait des réformes profondes dans l'organisation du réseau et cela permet de croire qu'on n'a jamais été plus près, peut-être, de la réalisation des vœux cent fois exprimés par tant de parlementaires et d'industriels.

Avant de clore cet exposé aussi objectif que possible, que l'on nous permette de formuler quelques réflexions.

La plupart des partisans de l'autonomie des chemins de fer ont été inspirés par la crainte des conséquences, sur l'équilibre général du budget, du déficit dans les comptes de la régie. Pour parer à ce danger, les uns ont proposé un fort relèvement de la dotation d'amortissement, de façon à disposer toujours, aux moments de crise, de quelques fonds non engagés dans des dépenses permanentes ; d'autres ont proposé, pour annuler une des grandes causes de variation du coefficient d'exploitation, de régulariser par un fonds de prévision, les prix du combustible ; d'autres enfin ont préconisé l'institution d'un fonds de réserve solide, qui encaisserait les bonis et couvrirait les malis.

Il est certain que l'attention de ceux qui s'intéressent à l'autonomie des chemins de fer doit se porter vers ces différents points. La réforme, pour être efficace, ne peut se borner à un simple remaniement livresque,

comme certains ont paru le croire. Elle doit être plus profonde. Certes, il est souhaitable de voir rentrer dans le cadre du budget des chemins de fer toutes les dépenses afférentes au réseau, mais il faut plus que cela. Il s'agit de doter la régie d'une véritable structure financière. L'institution d'un fonds de prévision, quelle que soit la façon qu'on la réalise, apparaît comme essentielle. Il importe en outre de garantir celui-ci contre les tentations dont il sera forcément l'objet de la part des budgétivores, et à cet égard les dispositions législatives les plus sévères ne seront pas superflues.

Il y aura lieu également de s'occuper de régler le renouvellement du matériel. Le remplacement des machines, wagons, etc, sur le budget ordinaire, très défendable en théorie, expose celui-ci à des oscillations très brusques. Il est en outre dangereux de laisser à l'administration un moyen aussi facile de se faire des bonis : il suffirait maintenant de négliger quelque peu le renouvellement et de ne pas mettre au rancart de vieilles unités pour changer le déficit le plus patent en équilibre parfait. Les discussions des Chambres montrent que, de ce côté, la suspicion de l'opposition est sans cesse éveillée. Pour parer à ces inconvénients et mettre fin à ces doutes, il faudrait, en même temps qu'on institue le fonds général de réserve, créer un *fonds de renouvellement*. Alimenté par des versements calculés mathématiquement sur des bases qu'il appartiendrait aux services techniques de fixer une fois pour toutes, ce fonds serait en mesure d'assurer le remplacement du matériel usagé, quel que soit le résultat financier de l'exercice. Les ministres ne se verraient plus accusés de négliger l'entretien du capital qui leur est confié et tout soupçon d'intervention d'esprit politique dans cette question d'affaires serait écarté.

Un troisième point devrait être traité : l'élaboration

d'un règlement, analogue à celui en vigueur dans la plupart des pays des chemins de fer concédés, donnant l'énumération des dépenses qui sont respectivement à charge du compte capital et du compte revenu. Cela mettrait fin à bien des controverses. Fonds de réserve, fonds de renouvellement, budget spécial et complet, règlement financier, telles sont à nos yeux les pièces maîtresses de l'autonomie financière des chemins de fer.

Nous avons volontairement omis de parler de l'autonomie administrative, cette question étant liée de trop près à des controverses politiques que nous nous en voudrions de traiter à cette place.

Les débats dans les Chambres au sujet de l'autonomie des chemins de fer ont souvent manqué de précision. Si l'on ne peut en tirer une conclusion en faveur d'une formule déterminée, il n'en reste pas moins que l'idée a rencontré des adhésions à peu près unanimes et que le moment semble bien venu de passer — enfin — de la parole aux actes.

Le simple examen du tableau suivant montre combien l'absence d'un fonds régulateur rend délicate la situation du ministre des Finances. La vue des bonis encaissés durant une année prospère pousse tout le monde à réclamer l'inscription au budget suivant de nouvelles dépenses permanentes, alors qu'il peut se produire, d'une année à l'autre, des moins-values aussi considérables que celles de 1900 et de 1907. Le budget général doit alors intervenir et couvrir le déficit :

Différences dans le solde du compte des chemins de fer

Années	Soldes actifs ou passifs	Différences en + ou en —
1897	+ 9,721,160	—
1898	+ 11,271,350	+ 1,550,190
1899	+ 12,961,847	+ 1,690,497
1900	— 4,980,415	— 17,942,262
1901	— 7,688,239	— 2,707,824
1902	+ 2,970,989	+ 10,659,228
1903	+ 11,236,876	+ 8,265,887
1904	+ 12,098,571	+ 861,695
1905	+ 9,452,429	— 2,646,142
1906	+ 8,174,299	— 1,278,130
1907	— 6,965,942	— 15,140,241
1908	— 7,044,405	— 78,463
1909	— 5,243,156	+ 1,801,249
1910	+ 6,165,802	+ 11,408,958
1911	+ 233,263	— 5,932,539 (chiffres provisoires).

Cte LOUIS DE LICHTERVELDE.

LA LUTTE

CONTRE LE

SURMENAGE ET LA FATIGUE INTELLECTUELLE

§ I. LES DIVERSES MÉTHODES DE MENSURATION

Le vaste et important problème du surmenage et de la fatigue intellectuelle pour être traité à fond exigerait un gros volume. Nous plaçant au point de vue spécial des applications pratiques, nous nous attacherons à deux points : la mesure de la fatigue des élèves par les procédés simples utilisables dans les classes, l'organisation de l'enseignement dans les conditions assurant le minimum de fatigue intellectuelle.

Les méthodes de mensuration du surmenage et de la fatigue intellectuelle peuvent se grouper de diverses façons, suivant les points de vue auxquels on se place. Aussi un certain nombre de psychologues divisent les méthodes de détermination de la fatigue en directes et indirectes. Nous considérons cette distinction comme plus ou moins arbitraire, en ce sens que l'on range parmi les manifestations indirectes de la fatigue intellectuelle des altérations fonctionnelles, que, à tout aussi bon droit, on pourrait ranger parmi les directes. Nous préférons adopter la division en méthodes physiologiques, psychologiques et pédagogiques.

Nous appelons méthodes physiologiques celles qui mesurent le surmenage ou la fatigue intellectuelle par

l'altération chronique ou passagère des activités inconscientes de l'organisme, par exemple la circulation, la respiration, les sécrétions, l'assimilation, etc.

Nous entendons par méthodes psychologiques celles qui portent sur les modifications survenues dans le jeu des activités conscientes, par exemple la sensibilité, la motilité, etc.

Enfin nous réservons le nom de pédagogiques aux méthodes qui mesurent le surmenage et la fatigue intellectuelle par l'observation de certaines fonctions conscientes considérées au point de vue des résultats de leur activité, par ce que nous appellerons le rendement des facultés intellectuelles, au moyen de procédés courants dans l'enseignement, ou de procédés se rapprochant beaucoup de ceux-ci.

Les méthodes psychologiques — et parmi elles, quoi qu'on en ait dit, la méthode esthésiométrique — ne peuvent donner de résultats sérieux qu'à la condition d'être employées par des expérimentateurs entraînés, psychologues au courant des recherches scientifiques usitées dans les laboratoires.

Les méthodes physiologiques plus encore que les précédentes sont inapplicables en classe, seuls des savants peuvent s'en servir.

Nous nous contenterons donc d'exposer en détail et de passer au crible d'une critique serrée les méthodes pédagogiques, nous efforçant d'établir à quelles conditions, les maîtres pourront en tirer des résultats utilisables.

Après avoir examiné et critiqué les méthodes pédagogiques de mensuration de la fatigue intellectuelle, nous dirons comment les autorités d'une part, les maîtres d'autre part, doivent agir pour combattre, réduire au minimum la fatigue résultant de l'enseignement classique.

Dans la première partie de notre cours, traitant des

bases de la pédagogie expérimentale, nous avons nettement établi la distinction qu'il convient de faire entre la fatigue excessive et prolongée, entre le surmenage qui doit toujours être évité, et la fatigue intellectuelle passagère et non excessive inévitable, que l'on peut tout au plus atténuer, réduire au minimum.

Peut-on mesurer la fatigue chronique, le surmenage par les méthodes pédagogiques ? A la rigueur on le pourrait, quelques auteurs ont même cru y avoir réussi dans certaines limites du moins. C'est ainsi que Friedrich déduit de ses moyennes que la fatigue produite par les leçons du matin n'est pas entièrement disparue au début des leçons de l'après-midi, malgré le repos du milieu du jour. Nous avons montré que cette conclusion est sujette à caution (1) ; et qu'il n'est pas démontré qu'une fatigue durable, un léger surmenage résultant du travail du matin, subsiste l'après-midi. Il serait fort difficile, à cause de la complexité du problème, d'établir au moyen des méthodes pédagogiques que le surmenage, c'est-à-dire la fatigue persistante croissant du commencement de l'année scolaire à sa fin, existe réellement pour la majorité des écoliers ni même pour la minorité qui travaille effectivement. Binet a tenté de résoudre le problème par l'emploi des méthodes physiologiques en étudiant l'influence du travail mental sur la nutrition. Ses travaux, les seuls de l'espèce qui soient scientifiquement conduits, ne permettent pas de trancher d'une façon définitive la question de savoir si oui ou non le surmenage existe chez les sujets qu'il a observés.

Attachons-nous à l'examen des méthodes pédagogiques permettant de déterminer dans les classes le degré de fatigue intellectuelle produit par un travail imposé.

(1) Dans *Premiers éléments de pédagogie expérimentale, les bases*, p. 272.

On peut réduire les méthodes pédagogiques de mensuration de la fatigue intellectuelle à *dix* principales. De ces dix méthodes trois sont complexes, difficiles, trois autres au contraire, simples et faciles; enfin on peut considérer comme étant de difficulté moyenne, quatre méthodes que nous appellerons intermédiaires.

Les trois difficiles sont : La méthode des dictées; la méthode des calculs ; la méthode de substitution (méthode d'Ebbinghaus). Les faciles sont : La lecture à haute voix ; l'écriture sous dictée ; la numération des lettres d'un texte imprimé. Les intermédiaires sont : L'addition de nombres d'un seul chiffre ; le barrage d'un ou plusieurs caractères d'un texte ; la mémorisation (mesure de la mémoire immédiate) ; la mémorisation de syllabes dénuées de sens.

Examinons à fond et en détail chacune de ces méthodes.

D'abord nous pouvons formuler une critique générale qui vaut pour chacune d'elles. Toute méthode pédagogique a deux défauts qu'il semble impossible d'éviter : tout d'abord l'exercice servant à mesurer le rendement d'une faculté surmenée, fatigue par lui-même. On constate en effet, toujours et partout, que le nombre des fautes va en augmentant dans chaque travail de mensuration, depuis le commencement jusqu'à la fin. Le sujet déjà fatigué, ce qui se traduit par la proportion des fautes d'inattention, par exemple, dans les premières lignes d'une dictée, se fatigue encore en écrivant la dictée, et cette fatigue surajoutée se traduit par la différence en plus des fautes d'inattention commises dans les dernières lignes.

Un second défaut, plus grave que le premier, résulte du décroissement rapide de l'intérêt que suscitent les procédés de mensuration même. Au début un exercice extraordinaire plaît par sa nouveauté, les élèves le

considèrent comme une sorte de récréation et s'y appliquent avec zèle. Après quelques répétitions l'intérêt disparaît, le travail imposé devient une corvée. On n'y apporte plus aucun zèle. D'où accroissement notable des fautes, non par augmentation de fatigue mais par diminution d'intérêt. Il devient dès lors bien difficile de mesurer en fonction d'incorrection la fatigue intellectuelle pure; dans les exercices nouvellement imposés elle est masquée; dans les derniers, au contraire, elle est exagérée.

Les trois méthodes les plus difficiles — et ce sont celles que l'on a le plus employées, la première surtout — sont la méthode des dictées, celle des calculs et celle dite de substitution ou méthode d'Ebbinghaus.

La méthode des dictées. — Pour être un instrument de mensuration précis, la méthode des dictées devrait réunir les qualités suivantes :

a) Il faudrait que toutes les dictées imposées dans une série d'exercices fussent faites exactement dans le même temps par chacun des élèves;

b) Ces dictées devraient être de difficulté rigoureusement égale;

c) Il devrait être possible de distinguer toujours et sûrement, dans ces exercices, les fautes d'inattention des fautes commises par ignorance;

d) Il faudrait être certain de noter chaque faute par un chiffre représentant exactement le degré d'inattention qu'elle implique.

Passons en revue chacune de ces conditions.

a) Les dictées devraient être faites en des temps strictement égaux. — Cela veut dire que chacun des élèves du groupe qui travaille, doit mettre le même nombre de minutes à faire les dictées de même longueur dans chacun des exercices de mensuration dont on compare entre eux les résultats. L'attention se mesure et par la correction et par la vitesse, chacun de

ces éléments gagne ou est réduit en raison inverse de l'autre. Partant, si l'élève A, écrivant douze phrases en 10 minutes au début des classes, écrit douze phrases semblables en 12 minutes après une heure de classe, à correction égale la fatigue se manifestera et se mesurera par l'augmentation de durée de 2 minutes. Si l'élève B met 10 minutes à écrire douze phrases contenant 6 fautes, la première heure, et met encore 10 minutes à écrire douze phrases de même longueur, mais avec 10 fautes après une heure de travail, on mesurera chez lui la fatigue par l'accroissement des fautes. Mais si A et B mettent des temps inégaux et commettent un nombre variable de fautes avant et après une heure de travail, comment estimera-t-on leur fatigue? Or en fait on n'obtient pas l'égalité de fautes; il faudrait donc réaliser l'uniformité de temps non d'une manière globale pour l'ensemble des sujets, comme l'a fait Friedrich, mais pour chacun des sujets en particulier. Comment réaliser cette uniformité de durée dans des mensurations faites en classe?

b) Les dictées imposées devraient être de difficulté rigoureusement égale. — Puisque dans la méthode des dictées les divers expérimentateurs se basent avant tout sinon uniquement sur le nombre des fautes commises, la première de toutes les conditions à réaliser est celle-ci : difficulté égale. Et nous entendons difficulté strictement égale non pour l'ensemble mais pour chacun des sujets. Friedrich a tenté de démontrer que les dictées dont il se servait étaient de difficulté égale du commencement à la fin ; que chacune des douze phrases était sensiblement aussi difficile l'une que l'autre. Mais il n'a pas prouvé que la dictée deux, cinq, quinze, était pareille à la dictée un, quatre, etc. Encore n'a-t-il prouvé l'égalité que d'une manière globale. Une résultante n'a de valeur que pour autant que toutes les composantes qui ont servi à la former sont elles-

mêmes constantes. Pour que la méthode des dictées fût objectivement précise il faudrait que toutes les dictées présentées à chacun des élèves d'une classe fussent *pour lui* de difficulté égale, et fussent, comme il a été dit tantôt, écrites exactement dans le même temps. Alors et alors seulement le nombre des fautes mesurerait la fatigue de façon précise.

c) Il devrait être possible de reconnaître toujours et sûrement dans ces exercices les fautes d'inattention des fautes dues à l'ignorance. Si, comme le faisaient M. Sikorsky et d'autres, on ne tient compte que des seules fautes d'inattention, la condition exposée tantôt — difficulté rigoureusement égale — devient plus facile à réaliser. Il est en effet relativement aisé de faire des dictées de difficulté égale au point de vue des fautes d'inattention (d'égaliser le nombre de lettres surmontées de points ou d'accents, de mots à lettres redoublées, etc., etc. Mais est-il toujours facile de reconnaître une faute d'inattention d'avec une autre qui ne l'est pas? Une faute d'inattention est une incorrection commise par un sujet qui est censé être parfaitement capable de ne pas la commettre. Telle faute sera réputée d'inattention pour un élève de douze ans qui sera considérée comme due à l'ignorance si elle est commise par un enfant de six ans. La même incorrection sera censée être commise par inadvertance lorsqu'il s'agira du travail d'un bon élève, elle sera attribuée à l'ignorance si elle se produit dans l'exercice fait par un mauvais élève. Or, si dans certains cas il est facile de distinguer la nature de l'erreur, dans d'autres cas la distinction deviendra fort malaisée.

Bien plus, une véritable faute d'inattention telle que l'omission des points sur les *i* ne pourra pas être considérée comme telle, chez un sujet notoirement négligent ni même chez un sujet pressé. Or, comment mesurer la négligence et l'empressement dans un travail donné?

Enfin, et ceci constitue la difficulté la plus grande, celle que les expérimentateurs ont eu le plus de peine à surmonter — comment estimer les unes par rapport aux autres les fautes d'inattention commise dans un exercice de dictée? Il y a toutes sortes de fautes d'inattention, les unes trahissant une inattention légère, les autres une véritable obnubilation de l'attention. Ecrire par exemple « ils son » au lieu de « ils sont » suppose un manque d'attention infiniment plus accentué que d'omettre le point sur l'*i*.

d) Il faudrait être certain de coter chaque faute par un chiffre représentant exactement ce qu'elle implique d'inattention. La difficulté de parvenir à une semblable exactitude dérive de ce que nous venons de dire. Si l'on compte 1 pour l'omission d'un point sur un *i*, combien comptera-t-on pour l'omission d'un mot entier? combien pour le remplacement d'un mot par son synonyme? combien pour un redoublement de mot ou seulement de syllabe?

On voit que la méthode des dictées, qui à première vue paraît simple et facile — au point que foule de pédagogues croient pouvoir s'en servir pour faire des découvertes — est loin d'être telle. Maniée par des expérimentateurs de profession, malgré toutes les précautions prises, elle ne peut donner que des résultats approximatifs, des conclusions générales, des indications.

Tous ceux qui voudront essayer cette méthode s'apercevront — s'ils sont consciencieux et intelligents — de son extrême difficulté. Il leur suffira d'examiner jusqu'où leurs résultats concordent réellement. Nous entendons par concordance réelle celle non seulement de la résultante finale mais de chacune des composantes qui ont servi à la former. Il ne suffit pas d'obtenir pour l'ensemble de la classe un total de fautes constant avant la première leçon, après une heure, après deux

heures, etc.; il faut examiner à part le travail de chaque élève. Et ce n'est que pour autant que la proportion des accroissements d'incorrections est sensiblement pareille chez chaque sujet, en proportion de son degré de culture et de capacité d'attention, que l'on peut considérer les résultats comme sérieux. En d'autres termes, il faut réduire au minimum les variations moyennes. On s'apercevra bien vite que pareil résultat ne sera atteint qu'après un nombre très élevé de mensurations. La méthode des dictées maniée par un pédagogue ne donnera de conclusions certaines que si on multiplie considérablement les exercices, si l'on y consacre un temps fort long, au détriment de l'en seignement proprement dit.

La méthode des calculs.—Elle fut employée d'abord par Bürgerstein dans le but d'étudier l'allure de la fatigue dans le cours d'un travail d'une heure.

Elle consiste à faire faire des additions de nombres de vingt chiffres et des multiplications d'un nombre de vingt chiffres par un nombre d'un seul chiffre compris entre un et six.

Chaque élève reçoit une feuille sur laquelle les nombres sont imprimés — on laisse un temps uniforme, 10 minutes pour effectuer l'opération — après 5 minutes de repos durant lequel on ramasse les copies — on fait une seconde opération durant également 10 minutes — puis encore 5 minutes de repos et ainsi de suite. Quatre séries en tout.

Bürgerstein avait opéré sur 162 sujets : 68 filles de 11 à 12 ans et 94 garçons de 12 à 13 ans. Or en comparant les résultats des quatre séries d'opérations on arrive aux conclusions suivantes : 1) Le nombre des chiffres calculés — c'est-à-dire additionnés ou multipliés — va en augmentant de la première série à la quatrième ; 2) le nombre des fautes croît également

du début à la fin ; 3) le nombre des corrections suit une marche parallèle.

On a utilisé cette méthode pour la mensuration de la fatigue intellectuelle. Friedrich entre autres a fait faire des additions et des multiplications le matin et l'après-midi avant toute leçon ; puis après une heure de classe, après deux heures, etc.

Cette méthode, que pour notre part nous considérons comme plus précise que celle des dictées, comporte pourtant bien des inexactitudes : citons en quelques-unes.

a) L'accélération très marquée, l'augmentation rapide du nombre de chiffres calculés masque plus ou moins les effets de la fatigue, car on est en droit de supposer que dans cet exercice comme dans tout exercice auquel les élèves sont peu habitués l'entraînement est très considérable. Or, cet entraînement on le constate et on le mesure en quelque sorte par un de ses résultats, l'accélération. Mais l'autre effet, l'amélioration du travail lui-même, le gain réalisé au point de vue de la correction et qui doit certainement se produire aussi est bien difficile à déceler : il est d'une part amoindri par l'accélération même, et d'autre part masqué et compensé au delà par la fatigue croissante. Celle-ci prédomine en effet, puisque le nombre des fautes va réellement en croissant depuis le début jusqu'à la fin ; mais elle prédominerait davantage si l'entraînement était réduit. Or, nous ignorons pour combien cet entraînement intervient dans l'atténuation des résulats de la fatigue.

b) Il est des écoliers — bons élèves d'ailleurs — qui éprouvent à l'égard de tout ce qui est arithmétique, une répugnance insurmontable. Celle-ci se manifeste naturellement dans les exercices de mesure comme partout ailleurs. Elle contribue largement à multiplier les fautes. D'où difficulté très grande de déterminer les

incorrections que produit chez ceux qui n'aiment pas les chiffres la fatigue proprement dite.

c) Comment comptera-t-on la valeur exacte des fautes de calcul ? En additionnant, en multipliant on peut faire des fautes inégalement graves. Comment reconnaître sûrement certaines fautes d'inattention d'avec d'autres dues à l'ignorance ? Enfin comment compter les inexactitudes résultant d'une faute antérieure ? Dans une addition par exemple, une erreur commise au début peut influer sur tous les calculs suivants.

La méthode d'Ebbinghaus. — La méthode imaginée par le regretté psychologue allemand est intéressante à plusieurs points de vue. Un jour le magistrat de la ville de Breslau voulut contrôler scientifiquement la valeur de son régime scolaire et constater notamment si la répartition des heures de travail, 5 heures de suite, de 8 heures du matin à 1 heure — les après-midi étant libres — ne déterminait pas de surmenage. Une commission fut constituée. Elle se composait de médecins, de pédagogues et d'un psychologue, Ebbinghaus. Celui-ci fut chargé de trouver la méthode la plus efficace et la plus sûre de mensuration de la fatigue. Il eut le grand tort de ne pas éprouver par avance la valeur de son outil scientifique : choisissant d'abord parmi les méthodes courantes, il recourut à divers procédés connus : 1) la méthode des calculs de Bürgerstein d'une part — les écoliers de Breslau furent invités à faire des additions et des multiplications pendant 10 minutes après chacune des 5 heures de classe du matin — ; 2) la mémorisation des chiffres : — les élèves apprenaient de mémoire des séries de 6 à 10 chiffres. Le maître énonçait ces chiffres, chaque écolier les écrivait, puis les apprenait par cœur. Dans cet exercice même Ebbinghaus manqua de précision. On prenait

comme tests les chiffres de *un* à *douze* qui en allemand sont monosyllabiques. Les tests étaient pareils au point de vue auditif mais pas au point de vue visuel ; les deux derniers étant visuellement composés de deux chiffres. Or, comme chaque sujet était invité à écrire les tests avant de les apprendre par cœur, les formes visuelles avaient une grande importance et partant la complexité différente de ces formes visuelles pouvait faire varier la proportion des défauts de mémoire. — 3) Outre ces deux méthodes connues, Ebbinghaus en utilisa une troisième qu'il avait inventée et qu'il considérait comme donnant mieux que toute autre la mesure de la fatigue de l'esprit. L'exercice imposé consistait essentiellement à compléter des textes tronqués. Dans une phrase, certains mots, certaines parties de mots sont remplacés par des traits de longueur uniforme — un trait par syllabe supprimée. — Le sujet est invité à rétablir le texte dans sa forme première, de remplacer chaque trait par la syllabe qu'il représente.

Citons d'après Binet une phrase ainsi préparée : « Depuis plus — mois, la santé — mini — tou — chancel —, était profon — — al — —; c'était de — lit — mala —, en proie — — cru — doul , qu'il diri — à la — les armées et — pro — de Cinq Mars. »

Il s'agit de reconstituer dans son intégrité première le texte ainsi tronqué. Or, tout texte si parfait soit-il comporte des variantes. Dans les phrases choisies par Binet, le premier des traits doit être remplacé par la syllabe *ieurs*, (Depuis plusieurs mois), si l'on veut rétablir le texte tel qu'il a été fixé par l'auteur auquel il est emprunté. Mais au point de vue du sens, on peut hésiter et se demander si le trait remplace la syllabe *ieurs* (depuis plusieurs mois) ou la syllabe *d'un* (depuis plus d'un mois). Or comment cotera-t-on la faute commise par l'élève qui aura adopté cette dernière version ?

Sera-t-il permis de considérer cette solution comme réellement fautive? Nous en doutons. Voilà donc une première difficulté qui rend la méthode d'Ebbinghaus singulièrement imprécise : le texte ne pourra jamais être choisi tel qu'il ne puisse comporter de variantes.

Un second défaut de la méthode apparaît dans la manière arbitraire de coter les erreurs commises. Ebbinghaus comptait pour une demi-faute la simple omission; c'est-à-dire chaque trait laissé dans le texte recopié par les élèves. Il comptait pour une faute entière les substitutions inexactes soit au point de vue du sens, soit au point de vue du nombre des syllabes. Ceci est encore plus arbitraire; remplacer une syllabe ou même un mot d'une syllabe par un synonyme est beaucoup moins fautif que de remplacer deux traits par une seule syllabe; la substitution se trouvant être à la fois fausse et incomplète.

Pour coter les copies, on soustrayait le total de ces fautes et demi-fautes du nombre exprimant l'ensemble des syllabes à rétablir, ou, si l'on veut, du total des traits intercalés dans le texte.

Nous ne conseillons à personne de se servir d'une méthode aussi imprécise, ni surtout de l'employer d'une façon aussi arbitraire.

Les méthodes intermédiaires demi-faciles sont relativement nombreuses, nous n'en retiendrons que les quatre énoncées plus haut.

I. *Méthode du barrage d'un ou plusieurs caractères dans un texte.* — Cette méthode paraît plus simple qu'elle ne l'est en réalité.

a) Elle est à la fois active et passive, comportant des mouvements, faciles et uniformes d'une part, des sensations visuelles-motrices différentes, relativement difficiles et exigeant un effort continu d'attention; d'autre part, l'élément actif, le fait de barrer au moyen

d'une plume ou mieux d'un crayon, les tests reconnus, est plus ou moins facile d'après les circonstances : fait avec une plume usée, un encrier presque vide, un papier de mauvaise qualité, il devient un travail exigeant des efforts et prenant un temps non négligeable. Exécuté par de très jeunes élèves inhabiles à se servir même du crayon, il devient une tâche exigeant une part appréciable d'attention. Dans l'un et l'autre de ces deux cas, la durée totale de l'exercice dépend principalement de l'élément actif. Quand on emploie la méthode que nous préconisons et qui consiste à éliminer l'élément correction, pour ne tenir compte que de l'élément vitesse, la part dans la durée totale réclamée pour la partie active ne saurait être négligée.

b) Tous les caractères d'un texte imprimé ou écrit sont loin de présenter, les conditions d'éclairage étant d'ailleurs identiques pour tous, la même visibilité, tous n'attirent pas pareillement l'attention. Les uns comme *x* par exemple, attirent par leur rareté, les autres *f, b* et toutes les lettres semblables l'emportent sur les caractères moins étendus, *e, r*, etc. Parmi les lettres basses il en est d'exceptionnellement larges, tel *m ;* enfin certains caractères sont à la fois étendus en hauteur ou en largeur, et relativement rares : tels sont *w* et *y*. Voilà au point de vue visuel. Quand on fait l'exercice sous forme auditive, compter un ou plusieurs caractères dans un texte récité, les différences ne sont pas moins importantes ; toutes les voyelles attirent l'oreille plus que les consonnes, et parmi celles-ci il en est de fort dissemblables, d'autres, au contraire, presque pareilles.

Il en résulte que le choix du ou des caractères à barrer ou à compter dans un texte donné n'est nullement indifférent; qu'un exercice consistant à barrer telle lettre est en réalité sensiblement plus facile que tel autre dans lequel il s'agit d'effacer telle autre lettre;

que partant le nombre des omissions, ou, si la correction est parfaite, la durée pour le premier exercice sera réduite; l'attention semblera meilleure. En fait, elle ne le sera qu'en partie.

c) Dans les exercices de barrage de caractères les effets de l'habitude, de l'entraînement, sont très marqués. Ils se traduisent par une accélération progressive très rapide. Cette accélération est surtout intense si l'on fait faire aux sujets non seulement des barrages de lettres, mais habituellement des barrages des mêmes lettres. Il faudra pour éviter ce défaut faire barrer chaque fois un ou des caractères différents mais d'égale visibilité, d'égal attrait pour l'attention visuelle.

MM. Toulouse et Vaschide (1) ont imaginé des tests visuels de visibilité strictement égale, dont on se servira avec beaucoup d'avantage. Ce sont des carrés tous égaux surmontés chacun d'un trait droit de longueur uniforme placé tantôt au coin supérieur droit, tantôt au coin supérieur gauche; au coin inférieur droit ou au coin inférieur gauche; puis de traits placés perpendiculairement sur l'un des côtés du carré, d'où quatre sortes différentes de carrés, les uns ayant le trait au milieu du côté supérieur, les autres au milieu du côté inférieur, d'aucuns au milieu du côté droit, d'aucuns enfin au milieu du côté gauche.

Ces huit formes sont imprimées en lignes horizontales tout comme un texte quelconque. Soit une page de dix lignes, de seize signes chacune. Dans un tel texte on propose au sujet de barrer tous les carrés d'une espèce, ou à la fois deux carrés de deux sortes ou trois espèces de carrés.

d) Enfin, comme dans les exercices de barrage ou de

(1) Dans leur *Technique de psychologie expérimentale*. Paris, O. Doin, 1904.

dénombrement des caractères donnés on mesure ordinairement la fatigue intellectuelle et par l'incorrection et par la vitesse, il est difficile, voire impossible, de connaître la valeur exacte de l'un et de l'autre de ces deux éléments plus ou moins complémentaires. On peut remédier à ce défaut en employant le procédé que nous avons indiqué à propos de la mesure de l'attention ; annoncer au sujet combien il y a en réalité de tests à barrer ou à dénombrer, et l'inviter à recommencer l'exercice jusqu'à ce qu'il arrive au résultat annoncé.

Méthode des additions. — Elle consiste à additionner le plus rapidement possible une série plus ou moins longue de nombres d'un seul chiffre. L'exercice peut se faire ou bien sous forme visuelle, les chiffres étant écrits, ou bien sous forme auditive, les chiffres étant énoncés. La forme auditive est la moins précise; la forme visuelle, surtout si elle est purement visuelle, est de loin préférable. Chaque sujet reçoit une feuille sur laquelle les tests sont imprimés. Il faut avoir soin de composer des séries de tests de difficulté comparable dans lesquels les chiffres qui vont de 1 à 5 par exemple se trouvent en nombre sensiblement égal. Les nombres sont d'autant plus difficiles à additionner et à multiplier qu'ils sont plus élevés.

Malgré tout, il subsistera des difficultés :

1) Dans ces exercices l'élément actif, moteur, jouera un rôle plus ou moins important selon l'âge des sujets, les outils employés, etc.;

2) Pour certains sujets particulièrement rebelles à tout exercice d'arithmétique, les résultats seront peu concluants.

Méthode de mémorisation de syllabes dénuées de sens. — Les tests sont des assemblages de lettres, généralement au nombre de trois, dont deux consonnes et

une voyelle. Si l'on choisissait trois consonnes, on aurait en réalité des tests composés visuellement de trois, auditivement de quatre lettres — personne ne pouvant énoncer des consonnes sans y joindre une voyelle simple ou composée ou une diphtongue. Or il ne faut pas oublier que les tests présentés sous la seule forme visuelle sont perçus par le sujet à la fois sous forme visuelle, auditive et motrice. Plus ou moins nettement ces trois sortes d'images se juxtaposent. Le sujet voit, prononce intérieurement et entend les syllabes. Les syllabes peuvent être présentées sous forme auditive ou visuelle. Cette dernière seule est recommandable. Les tests sont imprimés sur des cartons, ou inscrits au tableau noir, et produits pendant des temps très courts et strictement égaux. Il faut — ceci est une condition essentielle — que les syllabes composées ainsi qu'il a été dit, n'aient aucun sens. Car, si elles en avaient, l'une en ayant nécessairement plus que l'autre, et la mémoire des mots étant d'autre part beaucoup plus développée que celle des lettres, on se trouverait devant des tests inégalement faciles à retenir et toutes les mensurations en seraient faussées. Il faut donc :

1) Éliminer tout assemblage de lettres qui forme un mot dans une des langues connues par le sujet; ou même une partie de mot que l'imagination pourrait compléter;

2) Former des combinaisons de difficulté égale au point de vue visuel, auditif et moteur : *a)* au point de vue visuel il faudra composer les tests au moyen de lettres d'égale visibilité, d'égale étendue et d'égale rareté. On peut admettre qu'à ces trois égards les voyelles *a*, *e*, *i*, *o*, *u* sont *sensiblement* équivalentes, en français du moins, *y* est évidemment plus remarquable au sens étymologique du mot. Quant aux consonnes, on éliminera *m*, *w*, qui sont demi-étendues, *x*, *z* et *k* qui sont rares. On constituera donc les syl-

labes dénuées de sens au moyen d'une des voyelles *a*, *e*, *i*, *o*, *u* auxquelles on joindra deux consonnes étendues, ou bien deux consonnes non étendues, ou encore une consonne étendue et une non étendue.

b) Au point de vue auditif, on doit s'efforcer d'avoir des sons attirant l'attention de façon égale. Comme le son dépend essentiellement de la voyelle, on pourrait songer à prendre toujours la même voyelle; mais ce serait réduire visuellement du moins les tests à des assemblages de deux lettres. Il vaudra mieux varier la voyelle. Où faut-il placer celle-ci? Au point de vue auditif et plus encore au point de vue moteur, la place de la voyelle est importante. Mise entre les deux consonnes, elle donnera un son plus conforme à celui des syllabes des mots; placée avant les deux voyelles ou après celles-ci, un son plus étrange. Au point de vue auditif donc on pourra composer des séries faciles (la voyelle étant au milieu : *bif*, *fib*) et des séries difficiles (la voyelle étant placée avant ou après les deux consonnes (*ibf*, *fbi*, *bfi*, *ifb*).

c) Au point de vue moteur, il faut noter que les diverses voyelles offrent une légère difficulté d'énonciation qui va croissant depuis *a* jusque *u*, et que les consonnes sont d'autant plus difficiles à prononcer qu'elles sont le résultat des déplacements de parties moins mobiles de la bouche. Ainsi les labiales sont plus faciles à prononcer que les dentales et celles-ci que les gutturales. Encore faudra-t-il tenir compte ici des variétés ethniques (tel peuple prononçant plus facilement telles consonnes). Enfin il existe, au point de vue de l'articulation et de la prononciation, des défauts individuels (blésité, etc.). Pour certains sujets il faudra tenir compte de ces difficultés spéciales.

3) Malgré toutes les précautions prises en tenant compte des données que nous venons d'exposer, la méthode présente des défauts; signalons en deux.

D'abord la mémoire des syllabes dénuées de sens est relativement faible chez tous les sujets. C'est donc un test peu sensible; les différences entre les totaux des syllabes retenues seront faibles pour de grandes différences d'attention. En second lieu il est très difficile ici encore de coter exactement chaque erreur, omission ou substitution avec une exactitude parfaite. A moins de procéder comme nous le disions à propos des exercices orthopédiques développant la mémoire.

Méthode de mémorisation de chiffres. — Par cette méthode, comme par la précédente d'ailleurs, on mesure la fatigue intellectuelle par le fléchissement de l'attention intervenant dans la mémoire immédiate. Le degré de fidélité de celle-ci étant censé correspondre à l'attention apportée à l'exercice de mémorisation.

L'expérimentateur produit des séries plus ou moins longues de nombres d'un seul chiffre, que le sujet est invité à reproduire correctement par écrit dès que le dernier test de la série a été énoncé. Dans ce genre d'expériences la forme auditive est seule à conseiller. Si l'on montrait des chiffres écrits, à moins de les produire isolément l'un après l'autre, et même alors, les sujets instinctivement les grouperaient en nombres.

La méthode présente des défauts : d'abord tous les chiffres ne sont pas également faciles ou difficiles à retenir, au point de vue visuel, au point de vue auditif, au point de vue moteur; d'où des inégalités résultant d'autres variations que de celle que l'on propose de mesurer. En second lieu, ici encore, à moins de procéder comme nous le dirons dans les leçons traitant de l'éducation de la mémoire, il est fort difficile de coter les fautes avec précision.

Les méthodes de mensuration de la fatigue intellectuelle, décrites précédemment, sont très complexes, exigent pour devenir des instruments précis un en-

semble de conditions qui les rend peu utilisables dans les classes. Les méthodes faciles qu'il nous reste à décrire et à critiquer sont-elles plus pratiques?

La méthode de lecture à haute voix. — Elle a été d'abord employée par Oehrn. Le ou les sujets sont invités à lire à haute voix un texte imprimé ; toutes les cinq minutes un signal coupe l'exercice. Pour mesurer la fatigue on comptait le nombre de lettres lues dans l'espace de cinq minutes. Plus, chez un sujet donné, le nombre de lettres diminuait, plus la fatigue intellectuelle était censée croître. On mesurait donc celle-ci par le ralentissement de l'exercice, par le seul élément vitesse.

Qui ne voit combien cette façon de procéder est inexacte? En effet, pour mesurer la fatigue ou mieux la force de l'attention en fonction de la vitesse seule, il faut être absolument certain que l'élément correction demeure constant. Et ici il ne faut pas seulement envisager la correction, c'est-à-dire l'énoncé exact de toutes les syllabes telles qu'elles sont, sans omission ni substitution, mais encore plusieurs autres éléments qui ont sur la durée une action directe.

Supposons en effet que l'on puisse obtenir de tous les sujets une correction uniforme, fruit d'une attention méticuleuse qui aura pour effet de ralentir dans une certaine mesure, toujours la même, l'exercice de lecture. Même alors deux facteurs pourront faire varier la vitesse et cela dans des proportions considérables. Le premier de ces facteurs est l'articulation. La netteté plus ou moins accentuée de celle-ci entraîne des variations très considérables dans la durée de la lecture. Si le sujet se contente de lire correctement mais en articulant juste assez pour être compris, l'exercice sera relativement court; si au contraire il achève chaque contraction des muscles phonateurs, la lecture

nettement articulée s'allongera d'autant. Le second facteur qui fera varier sensiblement la vitesse de la lecture est la force donnée à la voix. Le premier facteur fait sentir son action surtout dans la prononciation des consonnes, le second dans l'énoncé des voyelles. Celles-ci résultant d'expirations fortes et par là-même prolongées, l'ensemble de l'exercice de lecture en sera ralenti.

Or, dans des exercices de lecture organisés pour mesurer l'attention et par suite la fatigue intellectuelle comment obtenir à coup sûr l'égalité parfaite des expirations, la similitude des mouvements des muscles phonateurs dans l'articulation ?

L'avantage de cette méthode résulte de l'extrême simplicité de sa technique, de son manque de nouveauté ; on lit continuellement dans les classes, dès lors disparaît pour le test employé l'inconvénient d'exciter par trop l'intérêt au début. Nous croyons qu'un maître intelligent pourra tirer de cette méthode quelque profit, s'il a l'esprit d'observation ; mais les conclusions qu'il déduira des variations de vitesse des lectures faites aux différentes heures du jour lui donneront plutôt des impressions que des conclusions précises utilisables.

Observons en passant que la façon de compter d'Œhrn qui additionnait le nombre de lettres lues en cinq minutes, est non seulement arbitraire, mais peu judicieuse. Il est plus rationnel en effet de compter le nombre des groupes de lettres, des syllabes, que les lettres mêmes. Un mot lu l'est toujours plus ou moins rythmiquement, et certaines syllabes composées de lettres nombreuses sont prononcées en des temps relativement courts. Quand des enfants lisent par exemple *il vole*, et *ils volent*, la seconde syllabe du verbe, courte dans le singulier, prend autant de temps à énoncer que la seconde syllabe longue dans le pluriel. Or, la

première se compose de deux lettres, la seconde de quatre. Nous pourrions citer foule de cas analogues.

La méthode d'écriture sous dictée. — C'est encore Ehrn qui semble l'avoir introduite en psychologie expérimentale.

L'auteur faisait écrire avec le maximum de vitesse un texte facile que l'on dictait le plus rapidement possible. Toutes les cinq minutes un signal avertissait le sujet. Celui-ci faisait dans son texte un signe convenu.

Ici encore, Ehrn mesurait le fléchissement de l'attention par le ralentissement de l'exercice d'écriture. Il comptait en effet le nombre de lettres tracées dans l'espace de cinq minutes, la diminution progressive des totaux mesurait l'accroissement de la fatigue intellectuelle.

Que d'objections à faire à un procédé si sommaire! Dans l'écriture bien plus que dans la lecture, tant d'éléments, pour ne pas parler de la correction, modifient la vitesse, tant de facteurs, autres que les variations de l'attention, contribuent à modifier dans des proportions considérables la durée de l'exercice.

D'abord la nature même du stimulant, lecture rapide d'un texte facile.

Parlons de la facilité du texte. Dans l'écriture comme dans la lecture d'ailleurs, un passage difficile produit fatalement un temps d'arrêt, le sujet faisant effort pour surmonter la difficulté qu'il rencontre. Comment s'y prendra-t-on pour ne dicter que des textes d'une facilité non seulement notoire, mais égale pour tous les sujets dans tous les exercices?

La dictée est faite le plus rapidement possible pour éperonner le sujet qui écrit, et ne le laisser aucun moment inactif. Or, un élève écrit moins vite, un autre plus vite; il sera donc pratiquement impossible de dicter avec une vitesse qui sera la plus grande, la

plus adéquatement utile pour tous les sujets. Ceux qui sont capables d'écrire plus rapidement perdront du temps pendant que d'aucuns s'essoufflerons à suivre. De là, impossibilité d'utiliser la méthode ailleurs que dans un laboratoire — où elle a du reste été inaugurée — à moins que de faire faire l'exercice par un élève à la fois, mais alors la perte de temps est considérable. Si l'on veut, malgré tout, employer la méthode de l'écriture rapide dans les classes, il faut employer non la forme auditive, mais la forme visuelle : inscrire au tableau noir le texte à copier le plus rapidement possible. Alors du moins, chaque sujet levant les yeux à mesure qu'il sera à court de texte à reproduire, et le temps nécessaire à la lecture pouvant être considéré comme sensiblement égal pour tous les sujets et dans tous les exercices, il sera possible de ne tenir compte que de la correction de l'exercice d'écriture et de sa durée. Même organisé ainsi qu'il vient d'être dit, l'exercice d'écriture consistant à copier un texte, à supposer qu'il soit correct, ou du moins que chez chaque sujet l'incorrection soit comparable, l'élément correction n'intervenant plus dans la détermination de l'élément vitesse, celle-ci variera encore sous l'action de facteurs multiples et importants. La vitesse de l'écriture dépend, toutes choses égales d'ailleurs, et de la qualité du papier sur lequel on trace des caractères (papier plus ou moins satiné, de grain plus ou moins serré, etc.); de la légèreté relative du porte-plume employé, de la forme, de l'état d'intégrité de la plume qu'il porte, de l'état de plénitude de l'encrier. Toutes les fois qu'il faut tremper la plume dans l'encre, une pause survient qui allonge l'exercice d'écriture.

Bien plus que les facteurs précédents, influe la dimension des caractères écrits et non seulement la dimension, mais l'achèvement de chacune des lettres tracées. Une écriture donnée, habituelle à un sujet

observé, peut devenir deux fois plus rapide si elle est diminuée ; deux, trois fois plus accélérée si les lettres sont indiquées au lieu d'être achevées ; si l'on omet les traits, les accents, si l'on supprime la ponctuation et les alinéas.

En résumé la méthode de l'écriture sous dictée accélérée au maximum, mesure très imparfaitement, sans précision aucune, les variations de l'attention et partant le degré de fatigue intellectuelle. C'est une méthode très défectueuse.

La méthode de numération de toutes les lettres d'un texte. — On donne à chaque élève un texte imprimé en l'invitant à compter le plus rapidement qu'il le pourra toutes les lettres de ce texte. Après chaque centaine, le sujet marque dans le texte un trait au crayon. On mesure la fatigue intellectuelle par la lenteur relative et l'incorrection de l'exercice.

Ce procédé a tout d'abord l'inconvénient de tenir compte de deux facteurs, correction et vitesse, et partant de ne pouvoir donner, de ce chef, de conclusions précises.

La méthode comporte en outre une difficulté qui n'apparaît pas à première vue, mais qui n'en est pas moins réelle. Dans un pareil exercice ce qui prend du temps, ce n'est pas tant de regarder exactement et successivement chacune des lettres, que de les compter, de prononcer intérieurement les nombres de un à cent. L'accroissement de durée résultant de la numération est d'autant plus sensible que l'on approche davantage de cent.

Œhrn a tenté de remédier à ce défaut en faisant compter les lettres par deux, par trois à la fois. Il semble, à priori, que compter par deux soit plus facile et partant plus rapide. En effet, dans chaque dizaine on répète visuellement du moins et en partie auditive-

ment les mêmes formes. Par contre, quand on compte par deux et surtout par trois on substitue à la simple addition d'unités, des additions de nombres, ce qui exige évidemment plus d'attention ou, à attention égale, plus de temps.

Œhrn a tenté d'établir expérimentalement que le procédé consistant à compter par deux à la fois était plus rapide que celui dans lequel on comptait par trois. Il a fait des expériences dont les résultats, les moyennes des fautes commises, sont plus considérables quand les sujets comptaient par trois. Mais ces moyennes obtenues en additionnant des résultats sans concordance entre eux n'ont aucune valeur. C'est par hasard que l'expérience confirme les conclusions du simple bon sens.

Après cet exposé sommaire des principales méthodes de mensuration de la fatigue intellectuelle et la critique que nous en avons faite, il faut conclure. Les méthodes décrites ne sont pas pratiquement utilisables par les instituteurs. Il faut dans les classes un procédé facile, rapide, précis, simple. Toutes ces conditions sont réalisées dans la méthode préconisée par MM. Toulouse et Vaschide. Les carrés avec traits verticaux et traits obliques placés chacun dans quatre positions différentes constituent des tests de difficulté égale au point de vue de l'attention visuelle, la seule qui soit directement en cause ici. Présentant à chaque écolier une feuille portant un nombre donné de lignes composées chacune d'une quantité fixe de signes, on invite chaque sujet à barrer — au moyen d'un crayon noir convenablement taillé — les x tests d'une espèce bien déterminée à l'avance.

Pour la facilité de l'estimation on aura soin de procéder d'après la méthode que nous préconisons, c'est-à-dire de faire barrer un nombre connu de tests. Au

début de l'exercice l'instituteur invitera les élèves à barrer les 15, les 18, les 20 signes d'une espèce déterminée contenus dans le texte qui leur est soumis. Chaque élève sera invité à agir le plus rapidement possible; si, arrivé au dernier signe de la dernière ligne, il a compté moins que le total indiqué, il recommencera sans perdre de temps, à parcourir le texte depuis le commencement; il recommencera jusqu'à obtention du total annoncé.

De cette façon l'instituteur comptera en durées seules la valeur de l'attention et partant les fléchissements de cette attention, la fatigue mentale.

§ II. COMMENT CONVIENT-IL DE TRAITER LES ÉLÈVES DANS LES CLASSES AU POINT DE VUE DE LA LUTTE CONTRE LE SURMENAGE ET LA FATIGUE INTELLECTUELLE?

Tout d'abord est-il à l'heure actuelle expérimentalement établi que le surmenage scolaire et la fatigue intellectuelle des écoliers existent? Sait-on, toujours d'après les données de l'expérimentation, jusqu'où en étendue et en profondeur croît la fatigue mentale?

L'existence du surmenage d'abord est-elle établie par les travaux expérimentaux? Nous ne le croyons pas. Le seul travail sérieux que nous connaissions parmi tant d'essais sans valeur, l'étude de A. Binet sur la consommation du pain dans certaines écoles normales — nous parlons de la seconde étude dans laquelle il a été tenu compte du menu de chaque jour, des conditions de température, etc., etc. — semble prouver que le surmenage existe jusqu'à un certain degré. Mais l'auteur lui-même ne tire de ses données qu'une conclusion probable.

De ce que les travaux expérimentaux n'ont pas jusqu'ici établi avec certitude l'existence du surme-

nage scolaire, il ne faudrait pas conclure que celui-ci n'existe pas. L'observation et le bon sens s'accordent pour nous faire admettre que dans les écoles il y a des surmenés. Ils sont relativement nombreux dans les écoles préparant à des carrières pour l'accès desquelles la limite d'âge et les concours interviennent. Le sport intellectuel tout comme l'autre, et dans ce sport les épreuves éliminatoires comme la finale, stimulent au plus haut point l'émulation des concurrents. Il est dès lors tout naturel que l'effort intense auquel tous se soumettent soit mal supporté par les faibles et détermine cette dépression profonde et prolongée qui constitue la fatigue chronique ou surmenage.

Quant à la fatigue intellectuelle, l'ensemble des travaux expérimentaux entrepris sur la question, et parmi ces travaux, ceux de quelques bons psychologues surtout, ont établi des conclusions que les études ultérieures compléteront et préciseront.

On peut, des études expérimentales, déduire les conclusions certaines suivantes :

a) D'une manière générale, chez les élèves considérés en bloc la fatigue intellectuelle croît progressivement du commencement à la fin de chaque demi-journée de classe.

Mais 1) cet accroissement de fatigue se répartit très inégalement parmi les divers élèves; il est intense surtout chez les très bons élèves, sensible chez les bons, beaucoup moins apparent chez les médiocres, nul ou négatif chez les mauvais élèves. 2) Cet accroissement de fatigue qui varie et d'une classe à l'autre, et avec les méthodes d'enseignement, et avec les matières enseignées, et avec les conditions de l'enseignement, etc., n'a été déterminé jusqu'ici du moins que d'une façon approximative. 3) Enfin, cet accroissement apparent de fatigue mentale constaté d'heure en heure dans le cours d'une demi-journée de classe est pour une

part faible d'ailleurs mais indéterminée, le résultat de l'exercice même qui sert à mesurer la fatigue.

b) La fatigue intellectuelle occasionnée par une demi-journée de classe, apparaît sensiblement moindre, lorsque le travail de cette demi-journée est coupé par des pauses, par des phases de repos. Mais on n'a pu établir avec certitude jusqu'à ce jour quelles sont les pauses qui défatiguent le plus rapidement ou plutôt combien de fois et pour combien de temps il convient d'interrompre une demi-journée de travail pour réduire au minimum la fatigue mentale sans nuire en quelque façon à la valeur du travail intellectuel. Deux facteurs, en effet, entrent ici en ligne de compte : l'entraînement et la fatigue. Tout travail prolongé, en mesure même de cette prolongation a pour effet d'une part de faciliter et surtout d'accélérer l'activité considérée, de fatiguer, de déprimer d'autre part l'esprit et le corps. Pour être utile au maximum une pause, un repos doit remédier à la fatigue sans nuire à l'entraînement. Il faut donc fixer le moment de la récréation à l'instant précis où, dans le travail imposé, la fatigue l'emporte sur l'entraînement. Ce point diffère d'après les sujets, d'après la nature du travail, etc. On conçoit qu'actuellement du moins les expérimentateurs ne soient pas encore parvenus à dégager les règles générales à suivre dans la distribution des temps de pause. Ces règles générales si on les dégage un jour seront différentes et d'après l'âge des enfants auxquels elles s'appliqueront, et d'après les matières enseignées. Pour chacune de celles-ci en effet la durée de la période d'entraînement varie.

c) La fatigue intellectuelle est en rapport avec le genre de travail intellectuel imposé.

Les expérimentateurs sont d'accord pour conclure que certaines branches fatiguent plus que d'autres. Le calcul et la syntaxe épuisent l'esprit plus que l'histoire

et la géographie. Celles-ci fatiguent davantage que la lecture, l'écriture, le dessin, le chant. Il semble que deux facteurs interviennent dans le degré de fatigue produit par un enseignement, la difficulté et partant l'effort approprié d'attention, et l'intérêt. Fatiguent au minimum les branches à la fois faciles et intéressantes. Nous avons longuement exposé que l'intérêt d'un enseignement dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la façon dont il est présenté et nous avons indiqué à quelles conditions tout maître peut augmenter l'intérêt des branches qu'il enseigne. D'après les qualités du maître les classifications adoptées par certains expérimentateurs rangeant les matières enseignées selon le degré de fatigue intellectuelle qu'elles produisent généralement; ces classifications, disons-nous, doivent être modifiées. Un professeur d'arithmétique, clair, méthodique et plein de feu fatiguera moins les écoliers qu'un maître enseignant l'histoire d'une voix monotone, faisant des exposés confus, dont lui-même, tout le premier, semblera ne pas se soucier.

Étant donné ce que nous savons de certain sur la question du surmenage et de la fatigue intellectuelle, que doivent faire, pour combattre ces inconvénients, les professeurs dans leur classe?

1. *Le maître ne doit pas perdre son temps, ni celui de ses élèves en organisant des exercices de mensuration de la fatigue intellectuelle qui ne pourraient qu'étudier mal des questions complexes si difficiles à élucider pour des spécialistes expérimentateurs entraînés.* — Nous avons suffisamment démontré combien toutes les méthodes de mensuration de la fatigue intellectuelle sont complexes. Pour en tirer des conclusions sérieuses il faut, *primo :* être psychologue, expérimentateur avisé, patient et clairvoyant; il faut, *secundo :* faire, pour éliminer toutes les causes d'erreur,

des quantités considérables d'expériences sur les mêmes sujets. Ajoutons que les expérimentateurs peu entraînés, et à fortiori les pédagogues qui ne sont pas du tout expérimentateurs devront pour obtenir des résultats concordants (et dans la résultante et dans chacune des composantes de celle-ci) multiplier bien plus que les psychologues, le nombre des exercices de mensuration. Partant les maîtres essayant de mesurer la fatigue intellectuelle de leurs élèves perdront et feront perdre un temps considérable qui doit normalement être consacré à l'enseignement. S'ils ont des heures à perdre, ils feront chose utile en les consacrant à mettre au niveau des autres les élèves retardataires de leur classe. Mais consacrer leur temps à mesurer la fatigue produite par telle branche, à telle heure de la demi-journée de classe, pour arriver à contrôler ou, ce qui serait plus inutile encore, à infirmer les conclusions de savants beaucoup plus qualifiés qu'eux, serait à tous points de vue une faute. Le seul cas dans lequel il peut être utile à un maître de mesurer la fatigue mentale de ses élèves est celui où il veut contrôler la valeur, l'intérêt de son propre enseignement. Si un professeur de mathématiques, par exemple, constatant que parmi ses auditeurs, les uns s'endorment à ses leçons, les autres s'y épuisent, songe à perfectionner progressivement son enseignement et veut savoir si telle modification introduite est favorable ou non, rien ne l'empêche de mesurer, par le procédé simple que seul nous avons préconisé, (Méthode de MM. Toulouse et Vaschide, appliqué d'après nos indications) si cinq leçons par exemple faites de telle façon fatiguent moins que cinq autres leçons faites d'une façon différente. Occasionnellement, maniée par un maître zélé, cherchant non à corriger les autres, ni à en remontrer à ceux qui en savent beaucoup plus long, mais à se per-

fectionner consciencieusement lui-même, la mesure de la fatigue intellectuelle peut rendre des services.

II. *Le maître s'appliquera à faire chacune de ses leçons dans les conditions que nous avons déterminées et qui assurent le maximum de rendement utile pour le minimum d'effort d'attention chez chaque auditeur.* — Quand il s'agit de surmenage et de fatigue intellectuelle, les pédagogues, tout comme le grand public d'ailleurs, qui n'y entend rien, crient volontiers à la surcharge des programmes, à l'insuffisance des conditions hygiéniques, à l'ignorance des administrations. Et jusqu'à un certain point ils ont raison. Mais à quoi leur servent ces récriminations? Eux aussi, ou du moins certains d'entre eux sont coupables, et tous sont susceptibles de perfectionnement. Quel est l'homme qui n'a plus de progrès à réaliser? Que le pédagogue s'interroge consciencieusement, se demande s'il tire réellement des circonstances dans lesquelles il évolue, tous les avantages qu'il en pourrait tirer; s'il a le souci d'être constamment d'une clarté parfaite, s'il possède autant qu'il lui est possible la qualité maîtresse du professeur : s'il est intéressant. Et si tous les pédagogues se préoccupaient sérieusement et toujours de faire tous leurs efforts pour devenir chaque jour meilleurs professeurs, les inconvénients résultant de la surcharge des programmes, de la longueur des leçons, etc., seraient atténués dans des proportions considérables. Nous soumettons ces considérations à tous les membres du personnel enseignant, certains qu'ils en tireront profit. Car nous nous plaisons à répéter que dans nos rapports nombreux et fréquents avec les maîtres et professeurs de divers degrés, mais surtout du degré inférieur, nous avons presque toujours rencontré un grand esprit de dévouement, un vif désir de bien faire.

III. *Tout maître fera, dans la mesure du possible,*

en y consacrant les moments perdus, et en guise de récréations au cours des leçons, quelques-uns des exercices d'entraînement destinés à cultiver, à renforcer directement ou indirectement l'attention des écoliers. — Il est en effet deux façons de diminuer la fatigue causée par les travaux intellectuels; la première consiste à rendre plus faciles, plus courts les travaux imposés; la seconde à habituer par des entraînements judicieusement combinés et gradués à supporter sans fatigue des périodes de plus en plus longues de travail difficile. Ce qui fatigue dans tout travail intellectuel, c'est l'effort d'attention. Plus celui-ci est intense, plus, à intensité donnée, il se prolonge, plus profonde se manifeste la fatigue mentale. Or, il existe deux moyens de fortifier l'attention : ou bien on l'entraîne en bloc, et mieux en détail, on la développe en profondeur et en étendue; ou bien fortifiant les fonctions organiques contrariées dans l'effort d'attention, on met le sujet à même de supporter cette contrainte plus aisément et pendant un temps plus long. Cultiver directement et indirectement l'attention chez les écoliers c'est réduire d'autant la fatigue intellectuelle inévitable, c'est rendre plus rare et moins profond le surmenage scolaire.

IV. *Le maître veillera à organiser les récréations de façon à en faire réellement des exercices de délassement et de restauration de l'organisme.* — Nous avons parlé des jeux précédemment à propos de la culture de l'attention. Il faut y revenir ici.

On s'est beaucoup occupé ces temps-ci du rôle des jeux, non seulement chez l'enfant mais chez les animaux. Diverses théories ont vu le jour qui chacune expliquent l'activité ludique de façon différente.

Pour les uns le jeu est essentiellement un délassement. Que le but inconscient d'ailleurs de l'enfant qui joue soit de se délasser, dans certains cas du moins,

nul ne le contestera. Mais que le délassement soit la seule raison d'être de tous les jeux, personne ne pourrait raisonnablement le prétendre. Ne voyons-nous pas en effet des enfants jouer du matin au soir? leur seule activité depuis leur réveil jusqu'à leur coucher — à l'exclusion des périodes consacrées aux repas qui eux-mêmes sont fréquemment convertis en jeux — est ludique. De quelles fatigues se reposent-ils? Et les jeunes chats qui jouent à attraper les bobines se délassent-ils? de quel travail?

D'autres considèrent le jeu comme une sorte d'exutoire, permettant à l'organisme longtemps maintenu immobile, de satisfaire enfin son besoin de mouvement. D'aucuns même vont jusqu'à étendre cette conception et envisagent certains jeux comme des activités en régression, satisfaisant des tendances ataviques heureusement décroissantes à travers les générations en évolution.

Enfin, nombre d'autres considèrent le jeu comme une préparation naturelle à la vie adulte. Le chevreau joue à donner des coups de front pour s'exercer à donner des coups de corne; le jeune chat poursuit et s'efforce de prendre tout ce qui roule afin d'être capable plus tard d'attraper les souris.

D'autres théories encore ont été émises; toutes ont le tort d'être trop exclusives.

Nous définirons le jeu « une activité agréable ». C'est l'agrément qui fait, d'une série de mouvements, un jeu — ôtez l'agrément, il ne reste qu'un travail. Bien plus, un même exercice sera un jeu, parce que agréable, pour les uns, un travail pour les autres. N'a-t-on pas coutume de dire d'un travail qui plaît : « ce m'est un jeu! »

Or, pour être agréable — nous nous plaçons à un point de vue tout à fait général — il faut tout d'abord qu'une activité soit relativement facile, qu'elle exige

une attention plutôt passive, ou du moins une attention active ne dépassant pas une certaine intensité. Ensuite, cette activité doit être agréable. Elle peut l'être pour une foule de motifs et notamment pour ceux indiqués tantôt, parce qu'elle repose, parce qu'elle satisfait le besoin de mouvement, parce qu'elle flatte certaines tendances, parce qu'elle produit chez celui qui y réussit une satisfaction d'amour propre, etc., etc.

Pour lutter contre le surmenage et la fatigue intellectuelle, il faudra le plus largement possible multiplier les jeux récréatifs qui reposent et satisfont le besoin de mouvement, et ce en laissant aux enfants l'attrait naturel qu'exercent les genres de jeux librement choisis par eux. Il faudra, en second lieu, enseigner sous forme de jeux d'adresse tout ce qui, dans les matières imposées, peut s'acquérir sous cette forme.

V. *Les administrations compétentes, les directeurs d'écoles, dans la mesure de leur compétence appliqueront énergiquement mais graduellement et sagement les conclusions certaines des recherches expérimentales concernant le surmenage et la fatigue intellectuelle.* — Autant nous avons horreur des applications hâtives, des soi-disant améliorations basées sur les conclusions des pédalogues bavards à allure de prophètes, autant nous considérons comme un devoir de justice et d'humanité d'améliorer graduellement l'enseignement en remédiant à tout ce que l'expérimentation vraiment scientifique révèle nuisible, en instaurant les conditions expérimentalement déterminées qui rendent le travail scolaire moins pénible, tout en assurant largement ses effets utiles.

Les administrations compétentes devraient, dès à présent, assurer dans toutes les écoles les jeux récréatifs. Il ne devrait plus être permis d'aménager des écoles dans lesquelles il n'y ait pas une cour suffisamment vaste et des salles ou galeries couvertes pour

permettre à tous les enfants de jouer en tout temps. Il faudrait supprimer sans pitié les promenades en rang faites entre deux leçons — les enfants ne pouvant jouer bruyamment parce que cela dérangerait leurs camarades retenus en classe, ou... les voisins! — Tous les enfants doivent pouvoir plusieurs fois par demi-journée de classe se délasser librement et bruyamment.

Bien que l'existence du surmenage ne soit pas expérimentalement établie, il faut se ranger à certaines conclusions. La durée de l'année scolaire semble exagérée, cette longue période s'étendant de la fin de septembre au commencement d'août de l'an suivant, est trop peu coupée de temps de repos. Nous sommes persuadé que les expériences poursuivies dans divers pays, démontreront la nécessité de diviser l'année scolaire en tronçons uniformes séparés par des vacances moins longues chacune, mais répétées. Une vacance doit reposer, sans nuire à l'entraînement préalablement acquis.

Il faudrait, dès à présent, déterminer le travail des enfants aux périodes de grande croissance, pour les garçons, vers 7 ans d'abord, puis entre 12 et 15 ans : pour les filles, vers 6 ans et entre 10 et 13 ans. Les programmes imposés aux uns et aux autres, naturellement peu chargés au début (à 7 ans, à 6 ans) ne sont pas suffisamment allégés pour les élèves garçons de 12 ans, pour les élèves filles de 10 ans. Enfin, les administrations compétentes, pour faire leur devoir dans la question de la lutte contre la fatigue scolaire, doivent se tenir au courant des progrès de la science expérimentale, afin d'améliorer lentement et prudemment, mais sûrement le régime de tous les enfants fréquentant l'école.

J. J. van Biervliet.

APERÇU

SUR LES RÉCENTES MÉTHODES DE CATALYSE

ET LEURS APPLICATIONS

INTRODUCTION

Dès le commencement du siècle dernier, on avait remarqué que certains corps, par leur seule présence, déterminaient des réactions chimiques. L'expérience la plus célèbre fut celle de Dœbereiner qui, en 1823, enflamma un mélange d'oxygène et d'hydrogène par le simple contact de ce mélange avec l'éponge de platine. Dulong et Thénard la communiquaient en ces termes à leurs collègues de l'Académie des sciences :

« M. Dœbereiner, professeur de l'Université d'Iéna, vient de découvrir un des phénomènes les plus curieux que puissent présenter les sciences physiques. Nous ne connaissons le travail qu'il a fait à ce sujet que par l'annonce qui en a paru dans le JOURNAL DES DÉBATS du 24 août dernier, et par une lettre de M. Kastner à M. le Dr Liebig, que ce savant, actuellement à Paris, a bien voulu nous communiquer. Il y est dit que M. Dœbereiner a observé que le platine, en éponge, détermine, à la température ordinaire, la combustion de l'hydrogène avec l'oxygène, et que le développement de chaleur résultant de cette action peut rendre le métal incandescent. Nous nous sommes empressés

de vérifier un fait aussi surprenant. Nous l'avons trouvé très exact, et comme l'expérience peut se faire avec la plus grande facilité, nous allons l'exécuter sous les yeux de l'Académie » (1).

L'éclat jeté par cette expérience devait susciter de nombreuses recherches dans la nouvelle voie qui s'ouvrait aux chimistes.

En 1831, Philips entreprit de fabriquer industriellement l'anhydride sulfurique, en faisant passer, sur de la mousse de platine légèrement chauffée, un mélange d'air et de gaz sulfureux provenant du grillage des pyrites. Malheureusement les impuretés des gaz employés mettaient rapidement la mousse de platine hors d'usage. Ce n'est que beaucoup plus tard, en 1875, que, grâce à l'emploi de gaz soigneusement purifiés, Winkler put réaliser avec succès, par la méthode de Philips, la fabrication de l'acide sulfurique.

Toujours avec la mousse de platine, Kuhlmann, en 1838, obtenait l'Ammoniaque par le simple passage à froid ou à température peu élevée des oxydes d'azote mêlés avec l'hydrogène.

On employait aussi le noir de platine, et entre autres expériences, nous citerons celle de Debus qui, en 1863, hydrogéna complètement l'acide cyanhydrique et le convertit en méthylamine.

Dans tous ces exemples, le platine semblait n'éprouver aucune modification et n'intervenir que par son contact ou sa seule présence pour provoquer les réactions. Telle fut l'interprétation que Berzélius, en 1835, donna à ces phénomènes appelés par lui *catalytiques* et qu'il attribua à une force spéciale, la *force catalytique*, inhérente au platine et aux corps qui jouaient, comme lui, dans les combinaisons, le rôle d'agents de contact, autrement dit de *Catalyseurs*.

(1) Dulong et Thénard, Ann. de chim. et phys. (2) t. 33, p. 440 (1823).

On reconnut, en effet, qu'il y avait des catalyseurs autres que la mousse ou le noir de platine. Un des plus remarquables fut le *Palladium hydrogéné* que l'on s'empressa d'utiliser comme agent de contact, après que Graham eût découvert la propriété que possède ce métal d'absorber jusqu'à 930 fois son volume d'hydrogène.

Gladstone et Tribe employèrent aussi le platine, le cuivre et le charbon hydrogénés (1878).

On arriva de la sorte à effectuer de nombreuses hydrogénations : la nitrobenzine fut transformée en aniline, le nitrométhane en méthylamine ; le nitrophénol en aminophénol, etc. (1).

A côté de ces réactions catalytiques opérées par voie sèche, vinrent se placer des réactions du même ordre obtenues par voie humide. Une des plus importantes est la transformation de l'alcool ordinaire en oxyde d'éthyle sous l'influence de l'acide sulfurique, qui conduisit Williamson à formuler, en 1851, sa théorie célèbre de l'éthérification. Au lieu d'intervenir simplement par ses propriétés déshydratantes, l'acide sulfurique, d'après Williamson, formait avec l'alcool une combinaison temporaire, l'acide éthylsulfurique, lequel en se détruisant donnait naissance à l'oxyde d'éthyle, tandis que l'acide sulfurique régénéré se combinait de nouveau avec l'alcool pour continuer l'éthérification.

L'acide sulfurique jouait le rôle de catalyseur, puisqu'il persistait après l'éthérification et ne servait qu'à la provoquer ; mais, contrairement aux idées de Berzélius, au lieu d'être un simple agent de contact, il intervenait dans la réaction par ses affinités chimiques.

C'est par un mécanisme semblable que furent interprétées plus tard les nombreuses synthèses effectuées

(1) Cfr. La remarquable étude de M. J. Bougault *Sur les hydrogénations, déshydrogénations et déshydratations par catalyse.* Thèse d'agrégation pour l'École supérieure de Pharmacie, 15 février 1909.

par la méthode si féconde de Friedel et Craft au moyen du chlorure d'aluminium, les aldolisations, les déshydratations par les catalyseurs alcalins, etc.

Tel était à peu près l'état des recherches catalytiques par voie sèche et par voie humide lorsque parurent, en 1897, les premières publications de MM. Sabatier et Senderens sur les hydrogénations au moyen des métaux divisés, suivies plus tard des déshydrogénations par les mêmes métaux. Poursuivies durant plusieurs années, ces recherches conduisirent leurs auteurs à instituer les *Nouvelles méthodes générales d'hydrogénation et de dédoublement moléculaire, basées sur l'emploi des métaux divisés*. Tel est le titre que MM. Sabatier et Senderens donnèrent au mémoire qu'ils publièrent sur l'ensemble de leurs travaux, en 1905, dans les ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE. Cette même année l'éminent chimiste M. Haller, dans son rapport à l'Académie des sciences sur le prix Jecker, les résumait en ces termes :

« L'étude des effets catalytiques d'un certain nombre de métaux à l'état divisé a été abordée à plusieurs reprises par les auteurs les plus divers, mais aucun d'eux ne l'a poursuivie avec autant de sagacité et de persévérance que MM. Sabatier et Senderens. Aucun d'eux n'a su tirer, des faits observés, une méthode pratique et sûre qui permît de réaliser, avec économie, soit des synthèses, soit des transformations de fonctions.

» En étudiant l'action catalytique spéciale qu'exerce sur les composés volatils, en présence de l'hydrogène, le nickel très divisé, par exemple, MM. Sabatier et Senderens ont doté la chimie d'une méthode d'hydrogénation aussi simple qu'élégante des carbures non saturés, des carbures aromatiques, des cétones, des aldéhydes, des phénols, des composés nitrés, etc.

» En poursuivant leurs recherches avec le cuivre divisé, ils ont, d'autre part, mis à notre portée un pro-

cédé tout aussi simple et tout aussi élégant de déshydrogénation, qui, appliqué aux alcools primaires et secondaires, nous permet de retourner aux aldéhydes et aux cétones.

» La mise au point de leurs méthodes, leur vérification sur les corps les plus variés, l'analyse rigoureuse et la caractérisation des produits obtenus, ont nécessité un labeur soutenu et ininterrompu de près de huit ans. Aussi, en raison des très beaux résultats obtenus, et par suite du caractère de généralité et de la fécondité que présentent les procédés qu'ils ont mis généreusement à la portée des chimistes, la commission a-t-elle décidé, à l'unanimité, d'accorder le prix Jecker à MM. Sabatier et Senderens » (1).

Les chimistes, en effet, n'avaient pas tardé à utiliser les nouveaux procédés. Au laboratoire de M. Jungfleisch et sous la direction de cet habile maître, MM. Brunel, Godchot, Leroux, Breteau obtinrent, avec le nickel divisé, des hydrogénations rémarquables. Les nombreuses et importantes recherches de M. Darzens, de M. Haller, de Bouveault en France ; les travaux d'Eykmann et de Van der Laan, en Hollande ; de Willstœtter et de ses élèves en Suisse ; de Padoa, Ponti, Carrasco, Grassi, Caruchi, en Italie, etc., achevèrent de montrer, comme le disait M. A. Gautier dans sa belle conférence du cinquantenaire de la Société chimique de France, « l'universalité et la puissance du procédé Sabatier-Senderens » (2).

Le succès obtenu par ce procédé, en attirant l'attention des chimistes, devait les conduire à approfondir l'étude des actions catalytiques et à chercher, pour les hydrogénations, d'autres modes de catalyse ou de nouveaux catalyseurs.

(1) Haller, Comptes Rendus, t. 141, p. 1087 (1905).
(2) A. Gautier, Revue scientifique, 25 mai et 1er juin 1907.

Ce fut d'abord Ipatiew qui eut l'idée d'opérer à haute température et sous de fortes pressions, soit avec le Nickel divisé, soit avec l'oxyde de Nickel, effectuant ainsi des hydrogénations irréalisables à la température ordinaire.

Paal utilisa, pour l'hydrogénation catalytique, les métaux en solution colloïdale, dont Bredig avait montré la remarquable activité.

Fokin et puis Willstœtter hydrogénèrent de nombreux composés en faisant passer, dans leurs solutions alcooliques ou éthérées, de l'hydrogène en présence du noir de platine.

Ces divers procédés s'emploient avantageusement dans certains cas et sont venus combler quelques lacunes de la méthode de MM. Sabatier et Senderens.

Quant à celle-ci, on a vu, par le rapport de M. Haller, que ses auteurs en avaient complètement fixé la mise au point lorsque l'Académie des sciences leur donna le prix Jecker, et que dès lors les recherches qu'elle pouvait susciter ne devaient servir qu'à agrandir le champ de ses applications. Aussi, tandis que M. Sabatier, avec la collaboration de ses élèves Mailhe et Murat, a continué à signaler quelques cas d'hydrogénation fort intéressants, M. Senderens abandonnait les opérations de ce genre, pour suivre dans la catalyse de nouvelles directions.

En faisant passer les vapeurs d'alcools sur divers corps simples ou composés, à l'état pulvérulent, Senderens constata qu'elles se déshydrataient avec plus ou moins de facilité et à diverses températures, selon la nature des corps employés, et c'est ainsi qu'il fut amené, par une étude comparative de ces corps, à fixer son choix sur les catalyseurs déshydratants et à indiquer une méthode générale de préparation des oléfines.

Il reconnut ensuite que les acides organiques éprou-

vaient, en présence de la Thorine, de la Zircone et de l'uranyle, des dédoublements qui les convertissaient en cétones, et il fonda la méthode devenue rapidement classique de la préparation catalytique des cétones grasses ou aromatiques, mixtes ou symétriques.

Enfin, abordant la catalyse par voie humide, que les succès obtenus dans la catalyse par voie sèche semblaient faire oublier, M. Senderens, par les résultats déjà obtenus dans ce domaine catalytique qu'il continue à explorer, a montré tout le parti que l'on peut espérer d'en tirer.

Ces diverses recherches de M. Senderens, poursuivies par lui seul ou en collaboration avec M. Sabatier, seront résumées dans ce travail en priant les lecteurs que ces questions intéressent de vouloir bien se reporter, pour les développements, aux mémoires originaux (1). L'œuvre de M. Senderens est évidemment celle dont l'auteur de ce mémoire peut parler avec le plus de compétence, et comme elle se rattache, ainsi qu'on vient de le voir, aux diverses branches de la catalyse, elle semble devoir donner, quoique exposée assez brièvement, une notion assez exacte des opérations catalytiques et de leurs applications.

L'exposé de ces recherches se fera dans l'ordre suivant :

Chapitre I. Hydrogénations catalytiques par les métaux divisés, et Déshydrogénations.

Chapitre II. Déshydratation catalytique des alcools par voie sèche.

(1) Ann. de chim. et phys., mars et avril 1905; avril 1912. Comptes rendus de l'Académie des sciences, depuis 1897 jusqu'à 1912. Bull. soc. chim. de France, 1897-1912. Des dates seront précisées pour chaque question dans le cours de ce travail.

Chapitre III. Dédoublement moléculaire des acides organiques; préparation catalytique des cétones.
Chapitre IV. Catalyse par voie humide.

CHAPITRE I

HYDROGÉNATIONS CATALYTIQUES PAR LES MÉTAUX DIVISÉS ET DÉSHYDROGÉNATIONS

En 1896, Moissan et Moureu constatèrent que si l'on dirige un courant rapide d'acétylène sur du cobalt, du nickel ou du fer réduits de leurs oxydes, ainsi que sur du noir de platine, le gaz est détruit avec incandescence; il y a mise en liberté de charbon et d'hydrogène en même temps qu'il se forme du benzène. Ces deux savants attribuèrent la cause du phénomène à une condensation physique du gaz opérée par le métal, qui déterminait l'incandescence et par suite la destruction pyrogénée de l'acétylène (1).

L'année suivante, MM. Sabatier et Senderens, en faisant passer vers 300° de l'éthylène sur du nickel réduit, constatèrent le même foisonnement charbonneux qu'avec l'acétylène, mais ils reconnurent en même temps que le gaz dégagé, au lieu d'être de l'hydrogène pur, comme on aurait dû s'y attendre d'après les observations de Moissan et Moureu, renfermait une forte proportion d'éthane. Il fallait en conclure que l'hydrogène provenant de la destruction d'une partie de l'éthylène s'était uni, pour une certaine proportion, à l'éthylène non décomposé pour former de l'éthane. Le Nickel aurait donc eu la propriété de fixer l'hydrogène sur l'éthylène. S'il en était ainsi, on pouvait espérer qu'en faisant passer sur du Nickel divisé

(1) Moissan et Moureu, COMPTES RENDUS, t. CXXII, p. 1241.

un mélange d'éthylène et d'hydrogène, il se formerait de l'éthane. Et en effet, ce dernier gaz se produisit à la température ordinaire (1).

Telle fut la première hydrogénation réalisée, sur le Nickel divisé, par Sabatier et Senderens qui la reproduisirent, mais beaucoup moins bien, avec le cobalt, le fer et le cuivre divisé.

L'appareil dont ils se servaient et qu'ils adoptèrent dans le cours de toutes leurs recherches, consistait en un tube en verre d'Iéna, dans lequel se trouvait étalée, sur toute sa longueur, une traînée peu épaisse d'oxyde de Nickel qui, par sa réduction, devait fournir le métal divisé. Par l'une des extrémités de ce tube arrivait l'hydrogène soigneusement purifié et aussi la substance à hydrogéner, gazeuse ou liquide. Dans le cas d'un gaz, un simple tube suffisait à côté de celui qui amenait l'hydrogène. Les liquides étaient introduits par un tube capillaire dont le diamètre intérieur variait selon leur fluidité. Ces liquides, en tombant goutte à goutte dans le tube en verre d'Iéna porté à une température supérieure à celle de leur ébullition, se transformaient en vapeurs qui se mêlaient à l'hydrogène. L'autre extrémité du tube d'Iéna communiquait avec un flacon plus ou moins refroidi, destiné à condenser les produits liquides, et qui était relié à une éprouvette reposant sur l'eau. Le tube d'Iéna était chauffé par une grille à analyse, et sa température donnée par un thermomètre couché, le long du tube, dans la rigole métallique sur laquelle ce tube reposait.

Après avoir hydrogéné l'éthylène et l'acétylène, Sabatier et Senderens s'adressèrent à d'autres carbures incomplets de la série grasse, qui, en présence

(1) Sabatier et Senderens, COMPTES RENDUS, t. CXXIV, p. 1358.

du Nickel, se transformèrent en carbures saturés avec la plus grande facilité (1).

Les aldéhydes et les cétones furent hydrogénées à leur tour et donnèrent, les premières des alcools primaires, les secondes des alcools secondaires. C'est ainsi, par exemple, que l'acétone ordinaire se transforme en alcool isopropylique dont la préparation devient, de la sorte, extrêmement aisée (2).

Un des résultats les plus intéressants de cette méthode d'hydrogénation est l'application qu'en firent leurs auteurs à la série aromatique.

Le mélange des vapeurs de benzène avec un excès d'hydrogène, dirigé vers 180° sur le Nickel réduit de son oxyde, se transforme rapidement et en totalité en hexaméthylène ou Cyclohexane. La même hydrogénation se produit avec les homologues du benzène, toluènes, xylènes, qui fournissent les hexahydrures correspondants (3). Dans le laboratoire industriel de catalyse fondé à Toulouse par les Établissements Poulenc, le tube en verre d'Iéna est remplacé par des appareils en cuivre qui permettent de fabriquer, à l'heure, 250 gr. de chacun de ces carbures hydroaromatiques.

Le procédé Sabatier-Senderens s'applique aussi facilement à l'hydrogénation du phénol, des crésols, des xylénols, etc. qui sont transformés en cyclohexanol, méthyl et diméthyl cyclohexanols (4).

Les dérivés nitrés gras et aromatiques se montrent d'une aptitude remarquable à l'hydrogénation par le même procédé. Le nitrobenzène, par exemple, en présence du cuivre réduit, donne un excellent rende-

(1) Sabatier et Senderens, Comptes rendus, t. 128, p. 1173; t. 130, pp. 1559, 1628, 1761 ; t. 131, p. 40; t. 134, p. 1127 ; t. 135, p. 87.
(2) Ibid, t. 137, p. 301.
(3) Ibid., t. 132, pp. 210. 566 et 1254 (1901).
(4) Ibid., t. 137, pp. 1025 (1903).

ment d'aniline. Avec le Nickel, l'hydrogénation va plus loin, car l'aniline s'hydrogène à son tour avec production de Cyclohexylamine (1).

Une hydrogénation remarquable est celle de l'oxyde de carbone et du gaz carbonique qui à 300° et avec un excès d'hydrogène, sont transformés, par le Nickel divisé, totalement en méthane (2).

On pourrait citer bien d'autres applications du procédé Sabatier-Senderens, faites par les auteurs et dont on trouvera l'exposé, soit dans les notes citées des Comptes rendus, soit dans le mémoire d'ensemble publié dans les Annales de Chimie et de Physique (3).

Nous nous contenterons d'énumérer, dans les tableaux ci-après, les principaux résultats obtenus par MM. Sabatier et Senderens et par les chimistes qui ont employé leur procédé. Ces résultats peuvent se diviser en cinq groupes ainsi qu'on le verra par le titre de chaque tableau.

TABLEAU A

FIXATION D'HYDROGÈNE SANS CHANGEMENT DE FONCTIONS

MATIÈRE PREMIÈRE	PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Carbures éthylèniques		
Propylène	Propane	Sabatier et Senderens
Triméthyléthylène	Méthylbutane	id.
Hexène β	Hexane	id.
Octène α	Octane	id.
Carbures acétylèniques		
Acétylène	Ethane	id.
Heptine α	Heptane	id.

(1) Sabatier et Senderens, Comptes rendus, t. 135, p. 246, t. 133, p. 321, t. 138, pp. 457 et 1257.

(2) Ibid., t. 134, pp. 514 et 680.

(3) Sabatier et Senderens, Ann. de Chimie et de Physique, mars et avril 1905.

TABLEAU A *(Suite)*

FIXATION D'HYDROGÈNE SANS CHANGEMENT DE FONCTIONS

MATIÈRE PREMIÈRE	PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Carbures aromatiques		
Benzène	Cyclohexane	Sabatier et Senderens
Toluène	Méthylcyclohexane	id.
Ethylbenzène	Ethylcyclohexane	id.
Diméthylbenzène	Diméthylcyclohexane	id.
Styrolène	Ethylcyclohexane	id.
Phénylacétylène	Ethylcyclohexane	id.
Hydrindène	Dicyclononane	Eykman
Diphényle	Phénylcyclohexane	id.
Diphénylméthane	Dicyclohexylméthane	id.
Triphénylméthane	Tricyclohexylméthane	Godchot
Carbures hydroaromatiques		
Menthène (1)		Sabatier-Senderens
Limonène		id.
Terpinène		id.
Pinène		id.
Camphène		id.
Cyclobutane	Butane	Willstœtter
Cyclobutène	Butane	id.
Cyclopropane	Propane	id.
Cyclopentadiène	Cyclopentane	Eykman
Carbures à noyaux variés (2)		
Acénaphtène		Sabatier-Senderens
Naphtalène		Sab. Send. et Leroux
Anthracène		Godchot
Phénanthrène		Breteau
Fluorène		Schmidt et Metzger
Alcools incomplets		
Alcool allylique		Sabatier
Linalol, Géraniol		Enklaar

(1) Ce carbure et les quatre suivants fixent de l'hydrogène qui comble les doubles liaisons.

(2) Ces composés et les suivants passent à l'état de corps saturés.

TABLEAU A *(Suite)*

FIXATION D'HYDROGÈNE SANS CHANGEMENT DE FONCTIONS

MATIÈRE PREMIERE	PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Acides et éthers-sels non saturés		
Tétrahydrobenzoïque		Darzens
Cyclohexène acétique		id.
Acrylique		id.
Enanthylidène acétique		id.
ββ méthylalkylacryliques		id.
Cinnamique		id.
Phénylisocrotonique		id.
Oléique et crotonique		Sabatier et Mailhe
Cétones incomplètes		
Oxyde de mésityle		Darzens
Méthylhexénone		id.
Pulégone		Haller
Amines aromatiques		
Aniline	Cyclohexylamine	Sabatier-Senderens
Ethylaniline	Cyclohexyléthylamine	id.
Diéthylaniline	Cyclohexyl diéthylamine	id.
Diméthylaniline	Cyclohexyl diméthylamine	id.
Toluidines	Méthyl cyclohexylamines	id.
Pyrrol	Pyrrolidine	Padoa
Quinoléine	Hydro quinoléine	Darzens

Les composés qui figurent dans ce tableau, se transforment par l'hydrogénation en corps saturés ayant la même fonction que les corps incomplets d'où ils dérivent.

Dans le tableau suivant, l'hydrogénation comblera parfois les valences libres, comme dans le cas du phénol et de ses homologues ; mais le caractère propre de cette hydrogénation sera un changement de fonction. C'est ainsi que le Phénol sera transformé en alcool secondaire, le Cyclohexanol ; les aldéhydes en alcools primaires, les nitriles en amines.

TABLEAU B

FIXATION D'HYDROGÈNE AVEC CHANGEMENT DE FONCTION

MATIÈRE PREMIÈRE	PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Aldéhydes		
Ethanal	Ethanol	Sabatier-Senderens
Propanal	Propanol	id.
Aldéhyde isobutyrique	Alcool isobutylique	id.
» isovalerique	» isoamylique	id.
» acrylique	» propylique	id.
Furfurol	» furfurylique	Padoa et Ponti
Cétones		
Propanone	$Propanol_2$	Sabatier-Senderens
Butanone	$Butanol_2$	id.
$Pentanone_3$	$Pentanol_3$	id.
Méthylisopropylcétone	$Méthyl_2$ $butanol_3$	id.
$Pentanone_2$	$Pentanol_2$	id.
$Hexanone_2$	$Hexanol_2$	id.
Cyclohexanone	Cyclohexanol	id.
Pulégomenthone	Pulégomenthol	Haller et Martine
Carvone	Hydrocarvol	id.
Thuyone	Thuyol	id.
Phénols		
Phénol	Cyclohexanol	Sabatier-Senderens
Crésols	Méthylcyclohexanols	id.
Xylénols	Diméthylcyclohexanols	Sabatier et Mailhe
Thymol	Hexahydrothymol	Brunel
Carvacrol	Hexahydrocarvacrol	id.
Diphénols	Cyclohexadiols	Sabatier-Mailhe
Nitriles		
Ethane nitrile	Ethylamine (mono, di, tri)	Sabatier-Send.
Propane nitrile	Propylamine (mono, di, tri)	id.
Carbylamines	Amines secondaires	Sabatier-Mailhe
Quinones	Diphénols	id.

Jusqu'ici on a eu simplement fixation d'hydrogène, mais cette fixation peut être accompagnée d'une réduction avec formation d'eau, comme dans le cas de la nitrobenzine qui donne l'aniline et de l'eau :

$$C^6H^5NO^2 + 3H^2 = C^6H^5NH^2 + 2H^2O.$$

Les hydrogénations de ce genre sont inscrites dans le tableau suivant :

TABLEAU C

HYDROGÉNATIONS AVEC RÉDUCTION SIMULTANÉE

MATIÈRE PREMIÈRE	PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Oxyde azoteux	Ammoniac	Sabatier et Senderens
Peroxyde d'azote	id.	id.
Nitrométhane	Méthylamine	id.
Nitréthane	Ethylamine	id.
Nitrobenzène	Aniline	id.
Nitrotoluènes	Toluidines	id.
Nitronaphtalène α	Naphthylamine α	id.
Oxyde de Carbone	Méthane	id.
Gaz carbonique	id.	id.
Phénol et homologues >250°	Hydrocarbures	id.
Oximes	Amines	Mailhe
Amides	id.	id.
Monocétones aromatiques	Hydrocarbures	Darzens
Dicétones aromatiques	id.	id.
Hexahydro anthrone	Octohydrure d'anthracène	Godchot
Anhydride phtalique	Phtalide	id.
Chlorobenzène et homol.	Benzène et homol.	Sabatier et Mailhe
Alcool furfurolique	Méthylfurfurane	Padoa et Ponti

D'autres fois les hydrogénations s'accomplissent avec des dédoublements qui dépendent du métal divisé employé et de la température à laquelle on opère, comme pour les composés énumérés dans le tableau suivant :

TABLEAU D

HYDROGÉNATIONS AVEC DÉDOUBLEMENTS

MATIÈRE PREMIÈRE		PRODUIT OBTENU	AUTEURS
Acétylène	à 200°	Pétroles d'Amérique	Sabatier-Senderens
	après incandescence	Pétroles du Caucase	id.
	avec incandescence	Pétroles mixtes	id.
Benzène >300°		Méthane	id.
Aniline et homologues >300°		NH^3 et hydrocarbures	id.
Benzylamine		id.	id.
Anhydrides d'acide		Acides et alcools	Sabatier et Mailhe
Indol		Méthane et toluidine	Carasco et Padoa
Phorone		Valérone et diisobutylcarbinol	Skita

Le cas le plus intéressant est celui de l'acétylène, dont il va être question dans ce qui suit :

SYNTHÈSE DES PÉTROLES NATURELS ET THÉORIE DE LEUR FORMATION

L'acétylène, hydrogéné sur le Nickel au voisinage de la température ordinaire se transforme en éthane, sans aucune formation accessoire appréciable. Mais si l'on opère vers 200°, on recueille un liquide jaune clair d'une magnifique fluorescence et d'odeur tout à fait semblable aux *Pétroles de Pensylvanie*, dont il se rapproche par sa densité et sa constitution. Comme les pétroles, il est composé de carbures forméniques supérieurs associés à une petite quantité de carbures éthyléniques.

En remplaçant le Nickel par le cobalt ou par le fer, on obtient des liquides de teinte plus foncée, renfermant une plus forte proportion de carbures éthylé-

niques et dont l'odeur est tout à fait analogue à celle de certains *pétroles du Canada*.

En faisant varier les conditions de la réaction, Sabatier et Senderens ont pu obtenir les pétroles du Caucase et les pétroles mixtes tels que ceux de *Galicie* ou de *Roumanie*.

C'est ainsi que l'acétylène seul dirigé sur le Nickel donne par incandescence des carbures non saturés, qui amenés par un excès d'hydrogène sur du Nickel modérément chauffé fournissent un mélange de carbures cycloforméniques avec une faible dose de carbures forméniques ; et l'on a un liquide semblable par sa composition et ses propriétés physiques au *pétrole de Bakou*.

Si l'on veut obtenir des pétroles mixtes, à la fois forméniques et naphténiques, on mélangera, avant l'incandescence, l'acétylène avec une certaine dose d'hydrogène et il se condensera un liquide assez semblable aux *pétroles Roumains*. Si l'hydrogénation consécutive à l'incandescence se produit au voisinage de 300°, les carbures cycloforméniques seront partiellement dissociés et par suite se trouveront accompagnés de carbures aromatiques, comme dans *les pétroles de Galicie*.

Il est facile de déduire de ces synthèses une explication fort simple de la formation des divers pétroles naturels.

« Il suffit d'admettre que dans les profondeurs de la terre se trouvent distribués des métaux alcalins ou alcalino-terreux libres ainsi que des carbures de ces métaux. L'eau arrivant au contact des premiers dégage de l'hydrogène ; au contact des carbures, de l'acétylène : les deux gaz ainsi formés, en proportion variable, rencontrent à l'état divisé et à une température suffisamment haute, du Nickel, du cobalt, du fer, métaux très

diffusés dans les roches profondes, et donnent lieu aux réactions qui fournissent les divers pétroles connus » (1).

Cette hypothèse s'est trouvée simplifiée depuis que A. Gauthier a montré que les roches cristalliniennes, chauffées au rouge, pouvaient décomposer l'eau en fournissant de grandes quantités d'hydrogène, ce qui dispense de recourir aux métaux alcalino-terreux libres pour la production de ce gaz.

DÉSHYDROGÉNATIONS CATALYTIQUES

C'est en dehors de toutes préoccupations théoriques, qui ne sont venues que plus tard, et par la seule observation des faits, que Sabatier et Senderens furent conduits à instituer leur procédé de déshydrogénation catalytique.

Au cours de leurs recherches sur les hydrogénations, ils avaient remarqué que ces hydrogénations étaient souvent limitées par le phénomène inverse, lequel prenait d'autant plus d'importance que la température était plus élevée. C'est de là que naquit l'idée d'étudier en particulier ces réactions déshydrogénantes (2).

En faisant passer des vapeurs d'alcools sur les catalyseurs qui servaient aux hydrogénations, Sabatier et Senderens constatèrent que ces vapeurs subissaient des dédoublements plus ou moins énergiques. Le Nickel se montra le catalyseur le plus actif, mais le plus utile fut le cuivre.

Des vapeurs d'alcool éthylique furent dirigées sur le cuivre réduit étalé dans un tube en verre d'Iéna communiquant avec un condenseur refroidi au delà duquel on pouvait recueillir les gaz.

(1) Sabatier et Senderens. Ann. de Chimie et de Physique, (8) IV, p. 452, avril 1905 ; Comptes Rendus, t. 134, p. 1185 (1902).

(2) Sabatier et Senderens, Comptes Rendus, t. 136, p. 738, 921, 983, (1903). Ann. Chim. Phys., *loc. cit.*

A 250° il se produisit un dégagement rapide de gaz exclusivement formé d'hydrogène, en même temps que l'on recueillait un liquide, mélange d'éthanal et d'alcool non transformé. La réaction s'était donc effectuée uniquement d'après l'équation :

$$CH^3 . CH^2 OH = H^2 + CH^3 . COH$$

Ethanal

Les choses se passent ainsi jusque vers 350°.

A 420° une partie de l'aldéhyde formée est détruite selon l'équation :

$$CH^3 . COH = CO + CH^4$$

comme le montre l'analyse des gaz recueillis.

Cette action du cuivre est générale et s'étend à tous les alcools primaires qui, entre 250 et 350°, sont régulièrement dédoublés en aldéhyde correspondante et hydrogène.

Les alcools secondaires, soumis à l'action du cuivre divisé, sont plus facilement encore transformés en cétones, parce que la stabilité de ces dernières est plus grande que celle des aldéhydes. Même à 400°, il n'y a pas de complication appréciable.

La méthode s'applique aux cyclanols. C'est ainsi que le cyclohexanol, les méthylcyclohexanols, ortho, méta, para, fournissent aisément, au-dessus de 300°, les cétones correspondantes.

Si, au lieu du cuivre, on emploie le Nickel divisé comme catalyseur, la réaction devient plus compliquée. Il y a toujours une destruction, plus ou moins grande selon la température, de la cétone ou de l'aldéhyde, avec production de CO, lequel s'hydrogène en partie pour donner du méthane, ou se transforme en CO^2 avec dépôt de charbon.

C'est avec le cuivre qu'ont été obtenus les résultats suivants :

TABLEAU E

DÉSHYDROGÉNATION DES ALCOOLS

Matière première	Produit obtenu	Auteurs
Alcool méthylique	Méthanal	Sabatier-Senderens
» éthylique	Ethanal	id.
» butylique	Butanal	id.
» isobutylique	Aldéhydeisobutyrique	id.
» isoamylique	» valérique	id.
» allylique	» propionique	id.
» benzylique	» benzylique	id.
» phényléthylique	Phenyl éthanal	id.
» isopropylique	Propanone	id.
Butanol$_2$	Butanone	id.
Octanol$_2$	Octanone	id.
Cyclohexanol	Cyclohexanone	id.
Méthylcyclohexanol$_3$	Méthylcyclohexanone$_3$	id.
Méthylcyclohexanol 2 et 4	Méthylcyclohexanone 2 et 4	Sabatier-Mailhe
Diméthylcyclohexanol	Diméthylcyclohexanone	id.
Alcool undécylénique	Aldéhyde undécylique	Bouveault
Géraniol	Citral	id.
Acyloines	Dicétones	Bouveault-Locquin

Les carbures subissent aussi des dédoublements divers sous l'action catalytique des métaux divisés. Ce sont tantôt de simples déshydrogénations comme pour les alcools, tantôt des dislocations plus ou moins profondes qui partagent la molécule en plusieurs tronçons (1). Ici encore, c'est le Nickel qui est le catalyseur le plus actif, disloquant les carbures forméniques à

(1) Sabatier et Senderens, Comptes Rendus, t. 124, p. 616 et 1358; t. 130, p. 250; t. 131. p. 167 et 187 ; t. 134, p. 1128 ; Ann. Chim. et Phys., *loc. cit.*

température élevée, plus facilement les carbures éthyléniques et cycloforméniques.

Le cuivre, au-dessous de 400°, n'a aucune action déshydrogénante sur les carbures éthyléniques, mais vis-à-vis de l'acétylène il se montre d'une activité remarquable. Au contact de ce métal chauffé au-dessus de 180°, l'acétylène donne naissance à des liquides incolores formés surtout de carbures éthyléniques et aromatiques qui viennent se condenser dans les parties froides du tube, en même temps que le cuivre gonfle rapidement et que le tube se remplit d'une matière brune. Celle-ci, disposée en légère traînée dans un nouveau tube, foisonne à son tour par le passage de l'acétylène, et, après 3 à 4 foisonnements, on a un corps solide, jaune plus ou moins foncé, léger et mou, s'agglomérant par compression, ressemblant à de l'amadou et brûlant comme lui. C'est un hydrocarbure auquel l'analyse assigne la formule $(C^7H^5)^n$ et que Sabatier et Senderens ont appelé *Cuprène*.

En réunissant les principaux résultats obtenus dans le dédoublement des carbures par les catalyseurs on a le tableau suivant :

TABLEAU F

DÉDOUBLEMENT DES CARBURES

Matières première	Produit obtenu	Auteurs
Carbures forméniques	Carbone et carbures	Sabatier-Senderens
» éthyléniques	id.	id.
» acétyléniques	id.	id.
Cyclohexane et homologues	Carbures benzéniques	id.
Cyclohexanol et homologues	Phénol et homologues	id.
Hydrures de naphtaline	Naphtaline	Godchot
Hydrures de phénantrène	Phénantrène	Padoa
Pipéridine	Pyridine	Ciamician

INTERPRÉTATION DES HYDROGÉNATIONS ET DÉSHYDROGÉNATIONS PAR LES MÉTAUX DIVISÉS

« Les hydrogénations peuvent s'interpréter par la formation d'un hydrure de Nickel, de cobalt, de cuivre ou de platine, lequel, aussitôt engendré, cède son hydrogène à la matière volatile qui se trouve à son contact. Le métal régénéré s'unit de nouveau à l'hydrogène ; l'hydrure recommence son action, et la fixation d'hydrogène se poursuit ainsi indéfiniment, si l'on continue à faire arriver sur le métal ce gaz et de la matière hydrogénable. On conçoit que les divers hydrures aient des aptitudes inégales et que certaines réactions soient l'apanage exclusif de quelques-uns d'entre eux... Une théorie, basée sur une simple condensation physique, ne pourrait, en aucune manière, rendre compte de ces différences. »

« Les enlèvements d'hydrogène, tels que les dédoublements des alcools primaires ou secondaires en aldéhydes ou cétones, peuvent être expliqués par la même formation d'hydrures métalliques, engendrés aux dépens des alcools, et détruits aussitôt avec régénération du métal et élimination d'hydrogène libre » (1).

CHAPITRE II

DÉSHYDRATATION CATALYTIQUE DES ALCOOLS PAR VOIE SÈCHE (2).

En 1901, Grigorieff avait observé que l'alcool éthylique et l'alcool isobutylique, chauffés en présence de

(1) Sabatier et Senderens, Ann. Chim. et Phys. (8) IV, p. 336, mars 1905.
(2) Cf. Annales de Chimie et de Physique, avril 1912, pp. 449-528. Mémoire de M. J.-B. Senderens.

l'alumine, le premier par la vapeur de diphénylamine' le second par la vapeur d'anthracène, se décomposent presque exclusivement en carbure éthylénique et eau, avec très peu d'aldéhyde (1).

De son côté Ipatiew avait obtenu de fortes proportions de carbures éthyléniques en faisant passer, à haute température, les alcools en vapeurs sur le mélange d'argile et de graphite, qui sert à fabriquer les creusets de graphite. Mais ayant remarqué que la silice et le graphite en poudre n'exercent aucune action sur les alcools, il en avait conclu que dans le mélange d'argile et de graphite, l'alumine était le principe actif, et c'est avec ce catalyseur qu'il proposa une nouvelle méthode de préparation des carbures éthyléniques (2).

Tel était l'état de la question de la déshydratation catalytique des alcools par voie sèche, lorsque parut dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, en 1907, une note de M. Senderens, dans laquelle il annonçait que les alcools se déshydrataient aussi sous l'influence du *noir animal*, du *sable siliceux*, de la *pierre ponce*, du *phosphate bicalcique*, de la *magnésie*, du *phosphore amorphe*, suivie d'une seconde note où se trouvaient décrites plusieurs oléfines obtenues catalytiquement au moyen des phosphates (3).

Le champ de la déshydratation catalytique par voie sèche ne se bornait donc pas à l'alumine et à son silicate, argile ou kaolin; il devait être beaucoup plus vaste, et c'est ce qui engagea M. Senderens à chercher de nouveaux catalyseurs, dans l'espoir d'en trouver qui seraient encore plus actifs. Il en découvrit, en effet, un assez grand nombre, d'une valeur fort inégale, ainsi qu'on le verra par l'exposé suivant où seront passés en revue les métalloïdes et les métaux, les

(1) A. Grigorieff, Journ. soc. phys. chim., R. t. 33, fasc. 2, p. 173 (1901).
(2) Ipatiew, D. ch. g., t. 35, pp. 1057-1064 (1902).
(3) J.-B. Senderens, Comptes rendus, 18 février et 20 mai 1907.

oxydes et sels métalliques qu'il essaya comme catalyseurs déshydratants.

§ I. *Métalloïdes et métaux*

Carbone. — C'est sur le charbon extrait du noir animal par des lavages à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée que furent tout d'abord dirigées des vapeurs d'éthanol (1). Le dispositif employé était le même que celui qui a été décrit pour l'application du procédé Sabatier-Senderens.

A la température de 400° il se produisit un dégagement gazeux abondant qui renfermait 33 pour 100 d'éthylène. Le propanol donna 87,8 pour 100 de propylène.

En substituant le charbon de sucre au noir animal, Senderens constata que son action sur les alcools était surtout déshydrogénante, et c'est également ce qui fut observé par M. Lemoine avec la braise de boulanger (2).

Senderens attribua le pouvoir déshydratant du charbon extrait du noir animal à la présence des matières minérales qu'il conserve après les lavages, et c'est ainsi qu'il fut conduit à faire agir sur les alcools ces matières minérales dont il mit en évidence le pouvoir catalyseur.

Phosphore amorphe. — Il déshydrate les alcools forméniques primaires vers 200° en donnant de 94 à 98 pour 100 de carbures éthyléniques, et les alcools isopropylique et butylique tertiaire à 150°. Ce serait donc un déshydratant de premier ordre si son pouvoir catalytique n'était point sujet à de très grandes variations selon la provenance et le mode de fabrication du phosphore amorphe employé.

(1) J.-B. Senderens, Comptes rendus, t. 144, p. 381 (1907),

(2) G. Lemoine, Comptes rendus, t. 144, p. 357 (1907) et t. 146, p. 1360 (1908).

Métaux. — Employés en limailles, le fer, l'acier, le ferro-manganèse, le cuivre, le laiton, le cadmium, le Nickel, ont tous donné, avec l'alcool éthylique, de 300 à 400°, une certaine proportion d'éthylène, mais ils agissent surtout comme catalyseurs déshydrogénants (1).

§ II. *Oxydes*

Silice. — Elle s'est toujours montrée un excellent catalyseur déshydratant des alcools lorsqu'elle a été préparée à température peu élevée, tandis qu'au contraire, par la calcination, elle perd une grande partie de son activité, et tend à devenir déshydrogénante (2).

Alumine (3). — Il en est de même de l'Alumine, qui, une fois calcinée, déshydrate mal les alcools et est partiellement déshydrogénante, alors qu'obtenue par précipitation de l'aluminate de soude par l'acide sulfurique et desséchée à une température très modérée elle est de tous les catalyseurs-déshydratants, le plus actif. C'est avec une alumine ainsi préparée que Senderens a pu, non seulement déshydrater les alcools forméniques et les cyclanols à des températures relativement basses, mais encore préparer l'éther ordinaire à partir de l'éthanol.

Comparée aux autres oxydes catalyseurs qui déshydratent les alcools, elle a donné les résultats suivants :

Catalyseurs	Débit par minute du gaz dégagé	Ethylène pour 100
Alumine précipitée de l'Aluminate	90 cm_3	99,5
Alumine précipitée du sulfate	31	97,8
Oxyde bleu de Tungstène	50	90
Thorine	32	92
Silice précipitée	16	99,5

(1) J.-B. Senderens, Ann. chim. phys., avril 1912, p. 462.
(2) Ibid., p. 466.
(3) Ibid., p. 473.

On voit d'après ce tableau que l'Alumine précipitée de l'Aluminate de soude par l'acide sulfurique, n'est pas seulement supérieure aux autres oxydes, mais aussi à l'Alumine qu'on obtient en précipitant le Sulfate d'Alumine par l'Ammoniaque.

§ III. *Sels métalliques*

Senderens a examiné, au point de vue de la déshydratation catalytique des alcools, un grand nombre de sels. Les meilleurs résultats ont été fournis par le Silicate d'Alumine et le Sulfate d'Alumine. Après eux viennent les Phosphates.

Silicate d'Alumine (1). — Le sel pur déshydrate mieux les alcools que lorsqu'il est mêlé d'impuretés. Mais certains corps étrangers affaiblissent très peu son activité et c'est ce qui explique les excellents résultats obtenus avec l'argile, d'abord par Ipatiew et plus tard par Bouveault. En comparant, soit entre elles, soit avec le Silicate d'Alumine pur, des argiles de composition différente et de diverses provenances, au point de vue de l'action qu'elles exercent sur l'alcool éthylique, à la même température de 370°, Senderens a obtenu comme résultats :

	Vitesse par minute du gaz dégagé	Ethylène pour %
Silicate d'Alumine pur du laboratoire	78 cm_3	99,5
Silicate d'Alumine pur Kahlbaum	78	99,5
Argile à modeler de Paris	75	97,5
Argile à modeler de Toulouse	68	98,2
Argile blauche (Poulenc)	55	99,2
Argile blanche pour Pyromètre	45	98,7
Argile légèrement magnésienne	45	98,4
Argile réfractaire pour poteries	50	97,6
Argile grise Billault	50	96,4

(1) Cf. J.-B. Senderens, Ann. chim. phys., avril 1912, p. 481.

Ces résultats montrent que les diverses argiles sont toutes des catalyseurs déshydratants, puisque, dans les cas les plus défavorables, la teneur en éthylène est de 94 pour 100. A ce titre, elles présentent les plus grandes ressemblances, soit entre elles, soit avec le Silicate d'Alumine pur, et diffèrent seulement au point de vue de la vitesse de la réaction, mesurée par la quantité de gaz dégagé.

Les choses se passent autrement si les impuretés sont en trop forte proportion, et surtout, si elles agissent catalytiquement sur l'alcool, comme par exemple le fer dans les ocres jaunes et rouges. C'est ce que montre le tableau suivant pour des expériences faites avec l'éthanol, à 390°.

	Vitesse par minute du gaz dégagé	Ethylène pour %
Argile calcaire pour briques	35 cm_3	95,1
Argile sablonneuse	10,5	91,7
Ocre jaune	7	25,6
Ocre rouge	3,2	39,2

Sulfate d'Alumine anhydre. — Préparé soit en déshydratant le sulfate d'Alumine, soit en calcinant légèrement l'alun ammoniacal, c'est, parmi les sels métalliques, le meilleur catalyseur déshydratant des alcools.

En groupant les catalyseurs déshydratants qui, dans le cours de ses recherches, se sont montrés les plus actifs vis-à-vis de l'éthanol, Senderens a dressé le tableau suivant :

Catalyseurs	Témpérature où commence la réaction	Vitesse par minute du gaz dégagé à 370°	Ethylène pour %
Phosphate bicalcique	330°	2	98,7
Phosphate tricalcique	320	9	98,5
Phosphate bimagnésien	320	8	99
Phosphate d'Alumine	320	9	99,5
Pyrophosphate magnésien	280	18	99,3
Silice précipitée	280	16	99,5
Silicate d'Alumine	270	54	99,5
Argile à modeler	270	52	97,8
Sulfate d'Alumine anhydre	265	75	99,5
Alumine précipitée	250	90	99,5

D'après ce tableau, l'Alumine précipitée occuperait le premier rang, mais à la condition qu'elle soit préparée avec les précautions minutieuses indiquées par Senderens (1). Aussi estime-t-il qu'il est préférable, dans la plupart des cas, de se servir du Sulfate d'Alumine anhydre, du silicate d'Alumine pur ou, à son défaut, de l'argile, qui donnent, le premier surtout, des résultats presque aussi bons que ceux de l'Alumine et avec une plus grande sécurité.

§ IV. *Produits de déshydratation*

En se servant des catalyseurs précédents Senderens a préparé de nombreux produits de déshydratation, comme le montre le tableau ci-après :

Matière première	Produit obtenu
Éthanol	Éthylène
$Propanol_1$	Propylène
$Propanol_2$	Propylène
$Butanol_1$	$Butène_1$ et isobutylène
$Méthyl_2$ $propanol_1$	$Butène_1$ et isobutylène
Triméthyl carbinol	Isobutylène

(1) Cf. Ann. chim. phys., avril 1912, p. 476.

Suite du tableau

MATIÈRE PREMIÈRE	PRODUIT OBTENU
Alcool isoamylique	Méthyl$_2$ butène$_1$ et méthyl$_2$ butène$_2$
Alcool amylique tertiaire	Triméthyl éthylène
Alcool octylique normal	Octène α
Alcool octylique secondaire	Octène β
Méthanol	Oxyde de méthyle
Éthanol avec Alumine précipitée	Oxyde d'éthyle
Propanol id.	Oxyde de propyle
Cyclohexanol	Cyclohexène
Orthométhylcyclohexanol	Méthylcyclohexènes Δ_1 et Δ_2
Métaméthylcyclohexanol	Méthylcyclohexènes Δ_2 et Δ_3
Paraméthylcyclohexanol	Mythylcyclohexène Δ_3
Diméthylcyclohexanol 1. 3. 4.	Diméthylcyclohexènes Δ_3 et Δ_4
Menthol	Menthène
Chlorure de propyle	Propylène
Chlorure d'isobutyle	Isobutylène
Chlorure d'éthylène	Chlorure de vinyle
Acétate d'éthyle	Éthylène et propanone
Propionate d'éthyle	Éthylène et propione
Butyrate d'éthyle	Éthylène et butyrone

La facilité avec laquelle s'obtiennent ces produits et leur état de pureté ont rapidement introduit les procédés catalytiques de déshydratation dans les laboratoires où ils remplacent aujourd'hui avec avantage les anciens procédés.

§ V. *Interprétation des résultats obtenus*

On a vu que lorsqu'on calcine la silice ou l'alumine précipitées l'activité déshydratante de ces deux oxydes est affaiblie et ils deviennent partiellement déshydrogénants.

Beaucoup de catalyseurs déshydratants subissent cette influence de la chaleur, que Senderens a surtout étudiée avec le sulfate de calcium, sous la forme de gypse et de pierre plâtre.

On sait que ces deux minéraux renferment deux molécules d'eau qu'ils perdent par la chaleur mais qu'ils peuvent reprendre à la condition de n'avoir pas été chauffés longtemps au-dessus de 400°.

Or, si après avoir réduit le gypse ou la pierre à plâtre en poudre impalpable, on les déshydrate à une chaleur modérée, et qu'on y fasse ensuite passer les vapeurs d'éthanol au voisinage de 400°, on recueille un gaz qui renferme de 90 à 94 pour 100 d'éthylène, le reste étant de l'hydrogène.

Si au contraire on fait passer, à cette même température, les vapeurs d'éthanol sur le gypse ou la pierre à plâtre calcinés au rouge blanc, le gaz recueilli contient seulement 28,8 pour 100 d'éthylène et 71,2 pour 100 d'hydrogène.

Avec l'*anhydrite,* sulfate de calcium anhydre et qui est incapable de prendre de l'eau, la proportion d'éthylène, fournie par l'éthanol vers 400 degrés, n'est que de 14,3 pour 100.

Senderens a conclu de ces expériences et d'autres semblables, que la déshydratation catalytique des alcools serait étroitement liée à l'aptitude des catalyseurs à l'hydratation et aux hydrates temporaires qu'ils formeraient avec l'eau provenant de la réaction.

La formation de ces hydrates est d'autant plus difficile que la chaleur a modifié plus profondément la structure moléculaire des catalyseurs, et cette modification les rend, par contre, capables de provoquer des déshydrogénations.

Considérons, par exemple, la silice précipitée agissant sur l'éthanol.

A partir de 280° elle donnerait lieu aux deux réactions suivantes :

1° Formation d'un hydrate temporaire, mettons $SiO(OH)^2$, avec dégagement d'éthylène :

$$SiO^2 + C^2H^5OH = (SiO)\left\langle\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right. + C^2H^4.$$

2° Cet hydrate silicique, instable à cette température, perd de l'eau, et la silice se trouve régénérée ;

$$(SiO)\left\langle\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right. = H^2O + SiO^2.$$

Mais si la silice a été calcinée au rouge blanc, sa structure moléculaire se trouvera modifiée, au moins partiellement ; d'où changement dans son action catalytique qui tendra à devenir déshydrogénante, par suite de la formation d'hydrures instables, avec production d'aldéhyde

$$SiO^2 + C^2H^5OH = (SiO)\left\langle\begin{matrix}OH\\H\end{matrix}\right. + CH^3CHO.$$

Et puis

$$(SiO)\left\langle\begin{matrix}OH\\H\end{matrix}\right. = H^2 + SiO^2.$$

Les sels et les corps simples se prêtent à la même interprétation (1).

Mais on conçoit que les choses puissent se passer moins simplement ; que si, par exemple, le catalyseur possède des tendances *acides* qui lui permettent de former des éthers instables, il se combine avec OH et le résidu C^2H^5 pour les déshydratations, et avec H et le résidu C^2H^5O pour les déshydrogénations.

Ces composés temporaires seraient les hydrates et les hydrures précédents dans lesquels C^2H^5 aurait été

(1) Cf. J. B. Senderens, ANN. CHIM. PHYS., avril 1912, p. 520 et suiv.

substitué à H pour les hydrates, et C^2H^5O à l'un des deux H pour les hydrures. C'est ainsi que pourraient se comporter les oxydes à tendances acides, SiO^2, Al^2O^3, etc., et aussi les sels, SO^4Ca, PO^4HCa, $(PO^4)^2Ca^3$, etc., en tant qu'anhydrides des acides normaux, $Si(OH)^4$, $S(OH)^6$, $P(OH)^5$, etc.

Pour la silice, par exemple, et le sulfate de calcium on aurait :

$$(1) \qquad (SiO)\left\langle\begin{array}{l} O(C^2H^5) \\ \hline |OH| \end{array}\right. \quad ; \quad SO\left\langle\begin{array}{l} O^2Ca \\ O|C^2H^5| \\ \hline |OH| \end{array}\right.$$

Composés instables qui donneront H^2O et C^2H^4 ;

$$(2) \qquad (SiO)\left\langle\begin{array}{l} O|H| \\ \hline |OC^2H^5| \end{array}\right. \quad ; \quad (SO)\left\langle\begin{array}{l} O^2Ca \\ O|H| \\ \hline |OC^2H^5| \end{array}\right.$$

qui donneraient H^2 et C^2H^4O (aldéhyde).

Il en serait de même si le catalyseur avait des tendances *basiques* prononcées, comme serait la chaux, pour former des éthylates de calcium, ainsi que cela résulte des belles recherches de M. de Forcrand (1).

Telle est la théorie à laquelle a été conduit M. Senderens par l'observation de l'influence de la chaleur sur les catalyseurs, venant après ce fait que la plupart d'entre eux ont des hydrates stables jusqu'à une certaine température, au-dessus de laquelle il était permis de supposer que des hydrates instables pouvaient se former. Mais parmi ces catalyseurs, il en est qui sont à la fois déshydrogénants et déshydratants ; d'autres qui, d'abord uniquement aptes à déshydrater les alcools, deviennent, quand on les chauffe, capables de les dés-

(1) de Forcrand, COMPTES RENDUS, t. 153, p. 1441 (1911).

hydrogéner. Une théorie devait tenir compte de ces deux sortes de réactions, et c'est à l'explication de ce double rôle des catalyseurs que répond la précédente interprétation.

CHAPITRE III

DÉDOUBLEMENT MOLÉCULAIRE DES ACIDES ORGANIQUES ; PRÉPARATION CATALYTIQUE DES CÉTONES

En appliquant aux acides organiques les catalyseurs dont il avait étudié l'action sur les alcools, Senderens est arrivé à une préparation extrêmement facile des cétones grasses et aromatiques, composés d'une si grande importance en chimie organique et qui, pour la plupart, étaient très difficiles à obtenir.

Il s'adressa d'abord à l'acide acétique sur lequel il fit agir les catalyseurs qui lui avaient donné les meilleurs résultats avec les alcools : Phosphate d'alumine, silice précipitée, silicate d'alumine, sulfate d'alumine anhydre, alumine précipitée. Ce fut cette dernière qui donna les meilleurs résultats.

§ I. *Alumine précipitée* (1)

Si, vers 400°, on fait passer sur cette alumine des vapeurs d'éthanol, on a un dégagement de gaz assez abondant, renfermant 90 pour 100 d'anhydride carbonique et l'on recueille un liquide en majeure partie formée d'eau et de propanone. La réaction est donc sensiblement représentée par l'équation :

$$\begin{matrix} CH^3 - CO - O\boxed{H} \\ CH^3 - CO - \boxed{OH} \end{matrix} = H^2O + CO^2 + CH^3 - CO - CH^3.$$

(1) J. B. Senderens, Bull. Soc. chim., 4e série, t. 3, p. 823 et t. 5, p. 480.

Avec l'acide propionique on a une réaction semblable qui donne naissance à la propione ou diéthylcétone, mais les rendements sont moins bons qu'avec l'acide acétique. Ils sont médiocres avec l'acide butyrique, et franchement mauvais avec l'acide isobutyrique. Au lieu d'avoir un dégagement de gaz carbonique, comme l'exigerait l'équation ci-dessus, ce gaz se trouve de plus en plus mêlé de produits de décomposition, oxyde de carbone, hydrogène, etc., en sorte que la proportion de CO^2 va s'affaiblissant. On a en effet par l'emploi de ces acides :

	CO^2 %
Acide acétique	92
» propionique	86,5
» butyrique normal	65
» isobutyrique	33,8

La réaction se fait beaucoup mieux lorsque, au lieu de l'acide libre, on emploie son éther éthylique, lequel est catalysé d'après l'équation :

$$2RCO . OC^2H^5 = 2C^2H^4 + CO^2 + H^2O + RCOR$$

qui montre que les gaz dégagés ne devraient renfermer que de l'éthylène et du gaz carbonique, dans le rapport de deux volumes du premier pour un volume du second ; soit, %, 66,6 de C^2H^4 et 33,3 de CO^2. C'est en effet cette proportion théorique qu'ont fournie sensiblement les éthers :

	CO^2 %	C^2H^4 %	Résidu %
Acétate d'éthyle	32,6	65,5	1,9
Propionate d'éthyle	32,5	65,3	2,2
Butyrate d'éthyle	32	65,5	2.5

Les liquides recueillis contenaient la cétone mêlée à l'éther non décomposé. Aux températures de 380 à

420°, on a des rendements très convenables et dont il y aurait eu lieu d'être satisfait si on n'avait pas trouvé mieux.

En substituant à l'alumine d'autres oxydes, chaux, oxydes de zinc, de cuivre, de cadmium, oxydes chromique, ferrique, etc., Senderens constata que plusieurs d'entre eux se comportaient comme l'alumine vis-à-vis des acides organiques, donnant avec l'acide acétique d'assez bons rendements en propanone, mais incapables, ou peu s'en faut, de transformer avantageusement en cétones les homologues de cet acide.

C'est dans le cours de ces recherches qu'il découvrit dans la thorine, la zircone, et à un moindre degré, dans les oxydes d'uranium, la propriété remarquable qu'ont ces catalyseurs de convertir régulièrement en cétones les divers acides organiques, d'où est résultée une méthode aussi simple qu'avantageuse de préparation des cétones grasses et aromatiques.

§ II. *Thorine, zircone et oxydes d'uranium* (1)

Inférieure à l'alumine comme déshydratant des alcools, la thorine, ThO^2, lui est également inférieure pour transformer en cétones les éthers éthyliques des acides organiques. Tandis qu'avec l'alumine ces éthers donnent, comme il vient d'être dit, la proportion sensiblement théorique de CO^2, la thorine fournit des mélanges gazeux qui ont la composition suivante :

%	Acétate d'éthyle	Butyrate d'éthyle
Gaz carbonique	37,7	33,8
Éthylène	32,5	30,8
Oxyde de carbone	10,5	11,7
Hydrogène	19,3	23,7

(1) J. B. Senderens, Bull. Soc. chim., 4e série, t. 5, pp. 480 et 905 (1909) et t. 7, p. 645 (1910) et t. 9, p. 948 (1911).

Le liquide recueilli avait une odeur très désagréable, sans aucun point fixé d'ébullition, et renfermait des produits condensés qui ont distillé à une haute température.

Or c'est cette même thorine qui, avec les acides seuls, a donné des dégagements gazeux renfermant de 96 à 98,5 °/₀ de CO^2 et des liquides à peu près exclusivement formés de la cétone que l'on voulait obtenir. On s'en rendra compte par les exemples suivants :

Acide propionique. — A 400°, le gaz dégagé renferme 98,5 °/₀ de CO^2.

Le liquide recueilli est partagé en deux couches : La couche supérieure qui renferme la propione dont le point d'ébullition est 102-103°, a donné à la distillation

Températures	Fractions recueillies °/₀
90—97°	2
97—106°	98.

Acide isobutyrique. — A la température de 420°, le gaz dégagé renfermait 96 °/₀ de CO^2.

La couche supérieure du liquide recueilli contenant l'isobutyrone qui bout à 123°, a donné à la distillation :

Températures	Fractionnement °/₀
< 121°	2
121—126	96
126—130	2.

Après plusieurs jours d'expériences, la thorine avait conservé toute son activité. Cependant, à la longue, elle prend une teinte grisâtre due à la très petite quantité de charbon provenant de faibles réactions secondaires. Mais il suffit de calciner légèrement cette thorine pour qu'elle reprenne sa blancheur primitive, sans rien perdre de son activité, en sorte qu'elle peut servir indéfiniment.

M. Senderens emploie une vingtaine de grammes de thorine étalés dans un tube de verre de 80 centimètres de long et qui fournissent, à l'heure, une dizaine de grammes de cétone, dans les conditions de pureté ci-dessus indiquées.

Zircone. — Cet oxyde, ZrO^2, se comporte vis-à-vis des acides organiques comme la thorine. Elle résiste peut-être moins à la calcination, mais comme pour la régénérer, lorsqu'elle s'est légèrement charbonnée par un long usage, il suffit de la chauffer au rouge sombre, dans un creuset avec un bec de Bunsen, il s'ensuit qu'elle peut être utilisée aussi longtemps que la thorine. Elle présente d'ailleurs, sur cette dernière, le double avantage, qu'elle est d'un prix moins élevé, et qu'étant moins lourde, il en faut une moins grande quantité pour occuper la même surface que l'oxyde de thorium.

Oxydes d'uranium. — L'oxyde rouge brique UO^2 et l'oxyde vert U^3O^8 résultant d'une calcination de UO^3 agissent à peu près de la même manière sur les acides organiques.

La réaction commence et devient régulière à des températures qui se rapprochent de celle de la thorine et de la zircone. On constate, comme avec ces dernières, un dégagement abondant de gaz renfermant de 92 à 95,5 % de CO^2, selon les acides ; le liquide recueilli se partage en deux couches dont la supérieure, soumise à la distillation, fournit une très forte proportion de la cétone correspondant à l'acide employé.

Les rendements paraissent toutefois inférieurs à ceux de la thorine et de la zircone. Il semble aussi, qu'après un certain temps, l'activité des oxydes d'uranium diminue, ce qui pourrait tenir à la proportion croissante de l'oxyde brun UO^2 résultant de la réduction de ces oxydes par la petite quantité d'hydrogène produite dans la réaction.

§ III. *Produits obtenus. Cétones grasses*

En opérant avec un seul acide forménique, M. Senderens prépara les cétones symétriques suivantes de la série grasse.

ACIDES	CÉTONES OBTENUES
Acétique	Propanone $CH^3 - CO - CH^3$
Propionique	Propione ou diéthylcétone $CH^3 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^3$
Butyrique	Butyrone ou dipropylcétone $CH^3 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$
Isobutyrique	Isobutyrone ou diisopropylcétone $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CH - CO - CH\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$
Isovalerique	Isovalerone $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CH - CH^2 - CO - CH^2 - CH\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$.

Un cas intéressant était celui de l'acide formique. Sa décomposition catalytique par déshydratation externe conduirait à l'aldéhyde formique ou méthanal :

$$\begin{matrix} HCO . OH \\ HCO . OH \end{matrix} = H^2O + CO^2 + HCHO.$$

Mais on sait que dès la température de 260°, la chaleur seule décompose cet acide en eau et oxyde de carbone, et il en est de même lorsqu'on se sert de l'alumine comme catalyseur.

Avec la thorine ou la zircone les choses se passent autrement. On a encore des produits de destruction, mais accompagnés d'une proportion de méthanal qui atteint son maximum à 250° où elle est de 65 %.

Par analogie avec ce qui se passe dans la calcination des sels de chaux formés par les acides organiques, M. Senderens pensa que par la catalyse du mélange de deux acides gras on obtiendrait des cétones grasses dissymétriques, et qu'en remplaçant l'un des acides par l'acide formique on préparerait les aldéhydes.

Ses prévisions se sont complètement vérifiées en ce qui concerne la préparation des cétones dissymétriques. Quant aux aldéhydes, la destruction partielle de l'acide formique par la chaleur fait que cette méthode est si peu avantageuse que Senderens, après quelques essais, crut devoir l'abandonner.

Dans la préparation des cétones dissymétriques formées par le dédoublement de deux molécules d'acides RCO . OH et R'CO . OH, la catalyse comme la calcination des sels de chaux fournit trois cétones, d'après les trois réactions qui se produisent simultanément :

$$(1)\quad RCO.OH + R'CO.OH = RCOR' + CO^2 + H^2O$$
$$(2)\quad 2RCO.OH = RCOR + CO^2 + H^2O$$
$$(3)\quad 2R'CO.OH = R'COR' + CO^2 + H^2O$$

M. Senderens observa que c'est la réaction (1) et par conséquent la cétone mixte qui prédomine, surtout lorsqu'on emploie un excès de l'un des acides. C'est ainsi qu'en opposant 1 mol. d'acide isobutyrique à 3 mol. d'acide acétique, on obtient de la méthylisopropylcétone et de la propanone avec une faible proportion d'isobutyrone. Dans ces conditions, la séparation de la cétone mixte par distillation fractionnée devient assez facile dans la plupart des cas.

C'est de cette manière que furent préparées les cétones suivantes :

ACIDES	CÉTONES OBTENUES
Acétique et propionique	Méthyléthylcétone
Acétique et butyrique	Méthylpropylcétone
Acétique et isobutyrique	Méthylisopropylcétone
Acétique et isovalérique	Méthylisobutylcétone
Propionique et butyrique	Éthylpropylcétone
Propionique et isovalérique	Éthylisobutylcétone

CÉTONES AROMATIQUES

Dans le but d'appliquer sa méthode aux acides aromatiques, M. Senderens s'adressa au plus simple de ces acides, l'acide benzoïque. Il semblait, d'après les résultats obtenus avec les acides gras, que l'acide benzoïque employé seul fournirait, avec la thorine ou la zircone, la cétone symétrique, la benzophénone. Or les vapeurs d'acide benzoïque passèrent sur ces catalyseurs sans être décomposées et sans qu'il y eût production de cétone.

Mais en faisant passer sur ces mêmes catalyseurs vers 420° un mélange d'acide benzoïque et d'acide acétique, Senderens obtînt la transformation complète de ces acides en acétophénone et en propanone d'après l'équation :

$$C^6H^5CO . OH + 3CH^3CO . OH$$
$$= C^6H^5 . CO . CH^3 + CH^3 . CO . CH^3 + 2CO^2 + 2H^2O.$$

La séparation de l'acétophénone, par simple distillation était des plus faciles, attendu que son point d'ébullition est d'environ 145° au-dessus de celui de la propanone.

Les cétones suivantes furent préparées avec la même facilité.

Propiophénone $C^6H^5 — CO — CH^2 — CH^3$, éthylphénylcétone. Avec un mélange d'acide benzoïque (1 mol.) et acide propionique (3 mol.).

Propylphénylcétone $C^6H^5 — CO . CH^2 . CH^2 . CH^3$, à partir de l'acide benzoïque et de l'acide butyrique.

Isopropylphénylcétone $C^6H^5 . CO . CH\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$ à partir de l'acide benzoïque et de l'acide isobutyrique.

Isobutylphénylcétone $C^6H^5 . CO . CH^2 — CH\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.$ à partir de l'acide benzoïque et de l'acide isovalérique.

A part l'acétophénone, ces cétones se préparaient difficilement par les anciens procédés, et de là vient que la propiophénone et la propylphénylcétone n'étaient connues qu'à l'état liquide, tandis que par catalyse on les obtient très nettement cristallisées.

M. Senderens a étendu son procédé à la préparation des cétones issues des homologues de l'acide benzoïque : acides phénylacétique ; phénylpropionique ; toluiques ortho, méta, para ; naphtoïques α et β ; ce qui montre toute la généralité de cette méthode qui a permis à son auteur de préparer, avec des rendements presque théoriques, toute une série de cétones aromatiques dont un grand nombre n'étaient pas connues.

Un fait assez remarquable, c'est l'aptitude qu'ont les acides aromatiques à fournir catalytiquement les cétones *symétriques* lorsque leur carboxyle est séparé du noyau aromatique par un ou plusieurs groupes forméniques. On a vu que l'acide benzoïque ne donnait pas la cétone symétrique, la benzophénone. L'acide phénylacétique au contraire, $C^6A^5 — CH^2 — CO^2H$ se transforme vers 430°, au contact de la thorine, en dibenzylcétone. $C^6H^5 — CH^2 — CO — CH^2 — C^6H^5$, laquelle se retrouve dans la préparation de toutes les cétones mixtes provenant du mélange de l'acide phénylacétique et d'un acide gras.

De même l'acide hydrocinnamique ou phényl$_3$ propanoïque $C^6H^5 — CH^2 — CH^2 — CO^2H$ donnera la cétone symétrique $C^6H^5 — CH^2 — CH^2 — CO — CH^2 — CH^2 — C^6H^5$ désignée par Senderens sous le nom de diphénylpropione.

Mais les acides toluiques, ortho, meta, para $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CO^2H\end{matrix}\right.$, les acides naphtoïques α et β, dans lesquels le carboxyle est uni directement au noyau aromatique, ne fournissent pas de cétone symétrique cor-

respondante, qu'ils soient catalysés seuls ou mêlés aux acides gras.

Voici un certain nombre de cétones que Senderens a préparées par son procédé. On a marqué d'un astérisque, celles qui n'avaient pas encore été signalées.

ACIDES GÉNÉRATEURS	CÉTONES QUI EN DÉRIVENT
Acide Phénylacétique	Dibenzylcétone
Acide Phénylacétique et acétique	Méthylbenzylcétone
Id. et propionique	Ethylbenzylcétone
Id. et butyrique	Propylbenzylcétone *
Id. et isobutyrique	Isopropylbenzylcétone *
Id. et isovalérique	Isobutylbenzylcétone *
Acide Phénylpropionique	Diphénylpropione *
A. Phénylpropionique et acétique	Benzylacétone
Id. et propionique	Phénylpropione *
Id. et butyrique	Phénylo-éthylpropylcétone *
Id. et isobutyrique	Phénylo-éthylisopropylcétone *
Id. et isovalérique	Phénylo-éthylisobutylcétone *
Acide orthotoluique et acide acétique	O. crésylméthylcétone *
Id. et propionique	O. crésyléthylcétone *
Id. et butyrique	O. crésylpropylcétone *
Id. et isobutyrique	O. crésylisopropylcétone *
Id. et isovalérique	O. crésylisobutylcétone *

M. Senderens a également préparé les séries des cétones correspondant aux acides méta et para toluiques.

§ IV. *Interprétation des résultats obtenus*

La transformation catalytique des acides organiques en cétones est attribuée par M. Senderens à la formation de combinaisons temporaires des catalyseurs, Thorine ou Zircone, avec les acides, suivie de la destruction de ces combinaisons, d'où résultent la formation de la cétone et la régénération du catalyseur.

Avec l'acide acétique, par exemple, et la Thorine on aurait d'abord :

$$ThO^2 + 2CH^3CO\,.\,OH = ThO\left\langle\begin{matrix}CO^2CH^3\\CO^2CH^3\end{matrix}\right. + H^2O.$$

Et puis destruction de cet acétate de Thorine :

$$ThO\left\langle\begin{matrix}CO^2CH^3\\CO^2CH^3\end{matrix}\right. = CH^3 - CO - CH^3 + CO^2 + ThO^2.$$

Sans doute, on n'a jamais observé que la Thorine et la Zircone se combinassent avec les acides aux températures où la production de la cétone se manifeste. Cela tient à l'instabilité de ces combinaisons, et c'est précisément à cette instabilité spéciale que la Zircone et la Thorine doivent leurs propriétés de transformer exclusivement en cétones les acides organiques.

L'Alumine, la chaux, les oxydes de zinc et de cadmium, etc., forment au contraire avec les acides organiques des combinaisons trop stables pour que leur décomposition ne puisse se faire qu'à des températures très élevées où les cétones sont remplacées par des produits pyrogènés (1).

CHAPITRE IV

CATALYSE PAR VOIE HUMIDE

On connaissait depuis longtemps un assez grand nombre de réactions par voie humide pour lesquelles l'influence catalytique était universellement admise et dont le type classique est l'éthérification. Il en est d'autres où cette influence, restée inaperçue, a été mise en lumière par M. Senderens qui a rappelé l'attention sur ce procédé catalytique que, même après les hydrogénations opérées à l'état dissous par Paal et Willstœtter, les résultats obtenus par voie sèche semblaient faire négliger.

(1) Cf. J. B. Senderens, COMPTES RENDUS, juillet 1909, et BULL. SOC. CHIM., 4e série, t. 5, p. 917 (1909).

§ I. *Préparation des carbures éthyléniques* (1)

Éthylène. Lorsqu'on prépare l'éthylène au moyen de l'alcool et de l'acide sulfurique, on conseille, depuis Wœhler, d'ajouter un peu de sable, afin d'éviter le boursouflement qui se produit à la fin de l'opération. Senderens a constaté que le sable avait un autre avantage, celui de favoriser la réaction et d'abaisser la température à laquelle elle se produit.

Un mélange d'alcool à 95° (1 vol.) et d'acide sulfurique (2 vol.), chauffé seul ou additionné de sable (12 gr. pour 100 cm_3 du mélange), a donné les dégagements d'éthylène suivants, à des températures marquées par un thermomètre dont le réservoir était plongé dans le mélange.

	Température				
	138°	145°	148°	152°	157°
Mélange seul	0 cm_3	?	6 cm_3	8 cm_3	12 cm_3
Avec sable de Bordeaux	7,5	18	25,5	30	50
Avec sable de Fontainebleau	8	18,5	25	32	51

Ainsi avec le mélange additionné de sable, la réaction débute de 10° environ plus bas qu'avec le mélange seul, et lorsque le dégagement d'éthylène commence à devenir rapide, sa vitesse avec le sable est 4 fois plus grande.

Si, au lieu de sable, on emploie le sulfate d'alumine anhydre (5 gr. pour 100 cm_3 du même mélange), on obtient de bien meilleurs résultats :

	Température				
	138°	145°	148°	152°	157°
Mélange seul	0 cm_3	?	6 cm_3	8 cm_3	12 cm_3
Avec sable de Bordeaux	7,5	18	25,5	30	50
Avec sulfate d'alumine	32	45	60	88	160

(1) J. B. Senderens, Bull. Soc. chim., 4e série, t. 9, p 370 (1911).

Le sulfate d'alumine anhydre agit évidemment ici comme catalyseur, et il paraît difficile de ne pas attribuer au sable, quoique à un degré moindre, un rôle semblable.

On peut interpréter le rôle du sulfate d'alumine en admettant qu'il forme, avec l'acide éthylsulfurique, un sulfate double d'aluminium et d'éthyle, lequel se détruit, aussitôt formé, en régénérant l'acide sulfurique avec production d'éthylène.

$$\text{(A)} \quad (SO^4)^3Al^2 . SO^4HC^2H^5 = (SO^4)^3Al^2 + SO^4H^2 + C^2H^4.$$

Oxyde d'éthyle. Si au lieu d'employer l'acide sulfurique en assez grand excès, comme dans le cas précédent, c'est au contraire l'alcool qui prédomine, ainsi que cela se pratique lorsqu'on veut préparer l'oxyde d'éthyle, les choses se passeront autrement. Il y aura bien encore formation d'un sulfate double d'alumine et d'éthyle, mais l'alcool libre interviendra pour donner l'éther.

$$\text{(B)} \quad (SO^4)^3Al^2 . SO^4HC^2H^5 + C^2H^5OH = (SO^4)^3Al^2 + SO^4H^2 + C^2H^5 . O . C^2H^5.$$

Cette seconde réaction exige que la température ne dépasse pas une certaine limite au-dessus de laquelle la réaction (A) se produit aussi, et l'on a, en même temps que l'oxyde d'éthyle, une proportion d'éthylène d'autant plus grande que la température est plus élevée.

L'influence du sulfate d'Alumine anhydre se manifeste par la température plus basse où se produit la réaction. Ainsi, en opérant d'abord avec le mélange d'alcool (4 vol.) et d'acide sulfurique (3 vol.), l'éthérification commençait à 120°, mais la distillation de l'éther ne devenait régulière qu'au voisinage de 140° et était accompagnée d'un dégagement d'éthylène assez abondant.

En présence du sulfate d'alumine, et avec le même mélange d'alcool et d'acide sulfurique, l'éther commence à se produire vers 110° ; sa distillation est régulière à 120°, rapide à 130°, et ce n'est que vers 140° que l'on observe un dégagement gazeux.

Oxydes alcooliques. L'addition du sulfate d'alumine aux mélanges des autres alcools avec l'acide sulfurique, au lieu de donner l'oxyde alcoolique, fournit des liquides en majeure partie ou en totalité constitués par de l'eau et des carbures éthyléniques. C'est donc la réaction (A) qui prédomine et celle-ci fournit un mode de préparation facile du propylène et de l'isobutylène.

Propylène. Un mélange de 100 cm_3 d'alcool propylique et de 75 cm_3 d'acide sulfurique, chauffé seul, ne donne lieu à une réaction que vers 140-145° ; mais c'est alors une réaction très violente qui se traduit par un dégagement tumultueux de gaz et une distillation abondante de liquide.

Par l'addition de 5 % de sulfate d'alumine anhydre ce mélange donne, dès 100°, un dégagement gazeux dont la vitesse à 110° est de 80 cm_3 à la minute et qui est constitué par 95 % de propylène pur.

Isobutylène. Avec un mélange de 100 cm_3 d'alcool isobutylique et de 45 cm_3 d'acide sulfurique, la réaction commence à 140-145° et elle est tellement vive que le liquide déborde en dehors du ballon.

Si on ajoute à ce mélange 5 pour cent de sulfate d'alumine anhydre, le dégagement gazeux se fait dès la température de 110°. Sa vitesse à 120° est de 30 cm_3 par minute, de 80 cm_3 à 125°, de 300 cm_3 à 130°. Il renferme 92 % d'un gaz auquel la synthèse eudiométrique assigne la formule C^4H^8 et qui est rapidement absorbé par l'acide sulfurique concentré.

Amylène. M. Senderens a essayé de préparer ce carbure en chauffant un mélange d'alcool isoamylique (100 cm_3) et d'acide sulfurique (40 cm_3). A 130° il se

dégageait un peu de gaz qui brûlait avec une flamme éclairante, en même temps qu'il distillait un liquide très complexe, bouillant de 30 à 150°, en sorte que, pratiquement, la réaction ne présente qu'un médiocre intérêt.

§ II. *Rôle catalytique de l'acide sulfurique*

On vient de voir que l'addition du sulfate d'alumine anhydre favorise la production des carbures dans le mélange d'alcool et d'acide sulfurique. Ce dernier acide semblait n'agir qu'en absorbant de l'eau et cela paraissait résulter des fortes doses de SO^4H^2 que l'on devait employer pour déterminer la réaction. En réalité l'acide sulfurique joue, dans ces réactions, le rôle de catalyseur, ainsi que vont le montrer les résultats suivants obtenus par M. Senderens avec les alcools forméniques primaires, secondaires et tertiaires.

ALCOOLS TERTIAIRES

Alcool butylique tertiaire $(CH^3)^2 = COH - CH^3$) (triméthyl carbinol). Cet alcool ne commence à être décomposé par la chaleur qu'au-dessus de 300°. Additionné de 3 à 4 pour 100 en volume de SO^4H^2 et porté à 83°, température de son ébullition, il fournit un dégagement régulier d'*isobutylène* pur.

Alcool amylique tertiaire $(CH^3)^2 = COH - CH^2 - CH^3$ (diméthyl éthyl carbinol). Porté à l'ébullition (102°) avec 4 pour 100 en volume de SO^4H^2, il fournit un liquide très mobile qui, après dessiccation sur le chlorure de calcium, distille tout entier vers 36° point d'ébullition du triméthyléthylène $(CH^3)^2 = C = CH - CH^3$. – Ici comme dans le cas précédent, le rôle catalytique de l'acide sulfurique est évident.

ALCOOLS SECONDAIRES

Alcool isopropylique chauffé à 83°, température de son ébullition, avec 4 pour 100 de SO^4H^2, cet alcool ne donne lieu à aucun dégagement de propylène.

Alcool amylique secondaire (méthylpropyl carbinol). Cet alcool, au contraire, qui bout à 118°, a fourni dans les mêmes conditions un liquide dont les 4/5 ont distillé au-dessous de 50°, et après dessiccation, de 36 à 40°, points d'ébullition des deux *pentènes* 1 et 2, prévus dans cette déshydratation.

Alcool octylique secondaire (octanol$_2$). De même, à l'ébullition (180°), cet alcool mêlé de 4 pour 100 de SO^4H^2 s'est déshydraté en donnant un mélange des deux *octènes* α et β prévus par la théorie.

ALCOOLS PRIMAIRES

Par leur ébullition avec 4 pour 100 d'acide sulfurique les alcools *éthylique*, *propylique*, *isobutylique*, ne donnent lieu à aucun dégagement de gaz, ce qui exclut la formation des carbures éthyléniques correspondants qui sont gazeux à la température ordinaire.

Avec l'*alcool isoamylique* $(CH^3)^2=CH-CH^2\ CH^2OH$ qui bout à 131°, la déshydratation catalytique par SO^4H^2 est fort douteuse.

L'*octanol* primaire, octanol α, au contraire, qui bout vers 190°, se déshydrate aisément à l'ébullition par l'action catalytique du même acide, employé toujours à la dose de 4 pour 100, en donnant de l'octène α qui bout vers 122° et son dimère qui bout vers 283°.

Des faits qui viennent d'être exposés, il résulte que la déshydratation catalytique par SO^4H^2 se fait pour les alcools tertiaires dès le premier terme de la série, tandis qu'elle ne commence qu'au terme en C^5 pour les

alcools secondaires, et à un terme plus élevé pour les alcools primaires. Ces divergences s'expliquent si l'on songe que l'activité catalytique de l'acide sulfurique, comme celle de tous les catalyseurs, ne se manifeste qu'au-dessus d'une certaine limite de température.

D'après cette interprétation, si l'acide sulfurique s'est montré catalytiquement inactif vis-à-vis de termes inférieurs de la série forménique des alcools secondaires et primaires portés à l'ébullition, c'est parce que leur ébullition se fait à une température trop basse. On élèvera la température en augmentant la proportion d'acide sulfurique, et l'on s'explique ainsi les fortes doses de cet acide que l'on est obligé d'employer pour la préparation de l'éthylène, alors qu'une minime quantité seulement interviendrait pour effectuer catalytiquement la réaction (1).

CYCLANOLS

Les cyclanols étant des alcools secondaires et ayant, par ailleurs, un point d'ébullition élevé, il était à présumer que leur déshydratation s'effectuerait aisément au moyen de l'acide sulfurique employé comme catalyseur. C'est en effet ce que l'expérience a vérifié, et Senderens a institué de la sorte un procédé des plus avantageux pour la préparation des cyclènes. Il suffit de distiller le cyclanol correspondant mêlé de 3 à 4 pour 100 en vol. de SO^4H^2 dans un ballon, muni ou non d'un tube Vigreux, selon la volatilité du carbure obtenu. On arrête la distillation lorsque, dans le ballon, apparaissent des fumées blanches accompagnées d'une odeur de gaz sulfureux. Le liquide recueilli se partage en deux couches : une couche inférieure aqueuse, au-

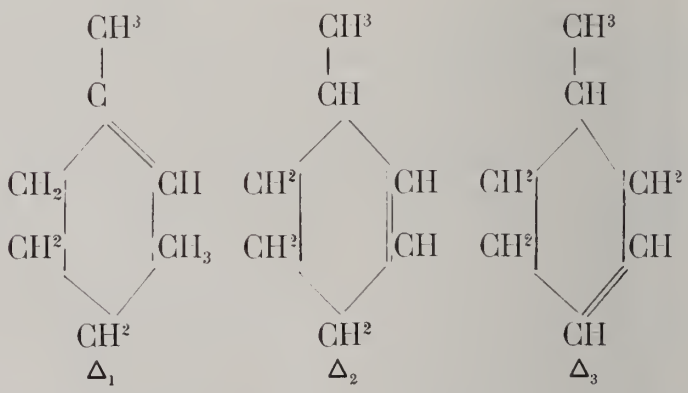
(1) J.-B. Senderens, Comptes Rendus, t. 154, p. 777 (1912).

dessus de laquelle surnage le cyclène brut. Celui-ci lavé à la potasse pour enlever les traces de SO^2 et séché ensuite sur le chlorure de calcium, fournit le cyclène pur avec un rendement qui correspond aux 89 pour 100 de la théorie. Ce rendement serait inférieur à celui qui s'obtient par la déshydratation catalytique des cyclanols par voie sèche, dont il a été question dans ce mémoire. Mais ce désavantage se trouve, pour une bonne partie, compensé par la facilité et la rapidité de la catalyse humide qui permet, avec un simple ballon et un chauffage insignifiant, de préparer, dans une heure, une centaine de grammes de cyclène.

M. Senderens a obtenu de la sorte :

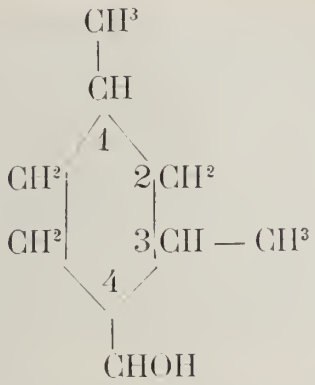
Le *tétrahydrobenzène* (hexanaphtylène, cyclohexène) C^6H^{10} à partir du cyclohexanol.

Les trois *tétrahydrotoluènes* (heptanaphtylènes, méthylcyclohexènes) C^7H^{12}, Δ_1, Δ_2 et Δ_3, dont les formules développées sont :

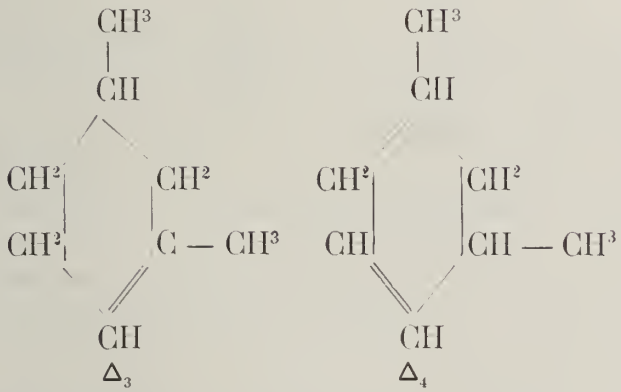


à partir des trois méthylcyclohexanols, ortho, meta et para.

Les deux *tetrahydroxylènes* Δ_3 et Δ_4 dérivés du dimethylcyclohexanol 1 . 3 . 4 . dont la formule développée



indique, en effet, qu'on peut obtenir ces deux isomères.



Le *Menthène* à partir du menthol ordinaire (méthyl$_1$ méthoéthyl$_4$ cyclohexanol$_3$), lequel a fourni un liquide qui bout de 161 à 166° et qui serait un mélange des deux menthènes Δ_2 et Δ_3 prévus par la théorie.

§ III. *Acroléine* (1)

On a vu que le sulfate d'alumine anhydre était un adjuvant de l'acide sulfurique dans la préparation des carbures éthyléniques. Employé seul avec les alcools

(1) J. B. Senderens. BULL. SOC. CHIM., 4e série, t. 9, p. 375 (1911).

forméniques et les cyclanols, il donne de mauvais résultats. Il n'en est plus de même avec la glycérine. En mêlant, à 100 cm_3 de glycérine, 5 gr. de sulfate d'alumine anhydre, on a vers 105-110° une réaction régulière qui donne 50 cm_3 de liquide, mélange d'acroléine, d'eau et d'une très petite quantité de glycérine qui a échappé à la transformation. Il est évident que les 5 gr. de sulfate d'alumine anhydre, qui absorberaient tout au plus leur poids d'eau pour passer à l'état de sel hydraté à 18 ou 20 molécules d'eau, agissent autrement que par une simple absorption d'eau, et que l'on se trouve en présence d'une véritable action catalytique. Celle-ci devient encore plus nette si, au sulfate anhydre, on substitue le sel hydraté. Avec 10 gr. de ce dernier et 100 cm_3 de glycérine, on obtient une production tout aussi régulière d'acroléine qu'avec les 5 gr. de sulfate anhydre.

Afin de mettre plus en évidence cette action catalytique, Senderens opéra avec 10 gr. de bisulfate de potassium cristallisé qui semblaient ne devoir donner à peu près aucun résultat, attendu que, dans le procédé de préparation de l'acroléine habituellement suivi, on emploie 250 gr. de ce sel pour 100 cm_3 de glycérine. Or, contre son attente, avec ces 10 gr. de bisulfate de potassium il recueillit une proportion d'acroléine très supérieure à celle qu'avait fournie le sulfate d'alumine. Il était donc incontestable que le bisulfate de potassium agissait comme catalyseur, et que c'était à tort qu'on l'avait jusque-là employé comme un simple absorbant d'eau, à la dose de 2 kilos de ce sel fondu pour 1 kilo de glycérine anhydre, avec addition le plus souvent de 800 gr. de sulfate de potassium sec, et en laissant le tout en contact pendant 12 heures.

Dans le procédé indiqué par Senderens, pour 1 kilo de glycérine à 28°, on emploiera simplement et unique-

ment 40 gr. de bisulfate de potassium cristallisé, et la préparation commence immédiatement.

Quant au rendement en acroléine, il paraît un peu inférieur à celui de l'ancien procédé, mais ce désavantage semble largement compensé par l'économie résultant du faible chauffage et de la minime quantité de bisulfate que comporte la nouvelle méthode, et surtout, par la propreté et la simplicité des opérations qui rendront moins pénible la préparation d'un corps éminemment désagréable.

§ IV. *Oximes et semicarbazones*

Pour la préparation des oximes on s'adresse généralement à la méthode de Crismer, qui consiste à faire agir, sur la cétone dissoute dans l'alcool, le chlorhydrate d'hydroxylamine en présence d'oxyde de zinc.

M. Senderens a trouvé qu'il y avait avantage à remplacer l'oxyde de zinc par l'aluminate de soude, la soude de l'aluminate étant destinée à libérer l'hydroxylamine de son chlorhydrate, de telle sorte que l'alumine agit ensuite comme catalyseur.

De même pour la préparation des semicarbazones Senderens emploie l'aluminate de soude avec le chlorhydrate de semicarbazide (1).

Il a préparé de la sorte les oximes et les semicarbazones des cétones aromatiques obtenues par son procédé à la thorine ou à la zircone, c'est-à-dire une trentaine de ces composés.

§ V. *Éthers-sels* (2)

L'application la plus importante faite par M. Senderens de la catalyse par voie humide est celle qu'il a

(1) J. B. Senderens. Bull. soc. chim., 4e série, t. 7, p. 65 (1910).

(2) J. B. Senderens et J. Aboulenc, Comptes Rendus, t. 152, p. 1671 et 1855 et t. 153, p. 881, (1911) ; t. 155, p. 168, (1912).

réalisée avec la collaboration de M. Aboulenc pour la préparation des éthers-sels issus des acides organiques.

Ces composés dont quelques-uns occupent une place considérable dans l'industrie, se préparaient ordinairement en faisant agir sur un alcool, l'acide organique à l'état naissant obtenu par la décomposition de son sel de soude au moyen de l'acide sulfurique.

Senderens et Aboulenc essayèrent d'abord l'éthérification directe du mélange alcool-acide organique, en mettant à profit les propriétés catalytiques du sulfate d'alumine anhydre et du bisulfate de potassum, et, pour cela, ils additionnèrent ce mélange de 5 % environ de l'un ou de l'autre de ces deux sels. Dans certains cas, les résultats furent excellents ; ils furent peu satisfaisants dans d'autres. C'est alors que les auteurs songèrent à substituer, comme catalyseur, aux combinaisons de l'acide sulfurique avec l'Alumine ou la potasse, l'acide sulfurique lui-même qui leur a fourni une méthode aussi simple qu'avantageuse de préparation des éthers-sels issus des acides organiques.

On connaissait depuis longtemps le rôle que jouait l'acide sulfurique comme adjuvant de l'éthérification, et Berthelot l'expliquait par le pouvoir absorbant de SO^4H^2 pour l'eau résultant de la réaction, et par la chaleur que dégage cette absorption. D'après cette interprétation, la proportion d'acide sulfurique devait être assez forte et, comme beaucoup d'alcools se trouvaient décomposés par cette dose d'acide, on préférait recourir, dans la plupart des cas, à l'acide organique naissant.

En démontrant que l'acide sulfurique agissait, dans l'éthérification, non pas comme absorbant d'eau, mais comme catalyseur, Senderens et Aboulenc ont pu réduire la proportion de cet acide à 3 % environ du mélange alcool-acide organique, et appliquer dès lors la nouvelle méthode à tous les alcools.

Ils ont commencé par l'éthérification des alcools et des acides monobasiques de la série grasse, qu'ils ont réalisée avec des rendements et des prix de revient généralement inférieurs à ceux des anciens procédés ; 35 éthers-sels ont été préparés de la sorte.

Les acides bibasiques, tels que l'acide malonique, l'acide succinique, l'acide oxalique opposés aux alcools forméniques, ont donné d'aussi bons résultats. Il en est de même d'un acide incomplet, l'acide crotonique.

Avec les acides aromatiques, une distinction s'établit selon que le carboxyle est uni directement au noyau aromatique ou qu'il en est séparé par des chaînons forméniques. Dans ce dernier cas, les choses se passent comme avec les acides gras, et c'est ainsi qu'avec 3 % de SO^4H^2, le mélange d'acide phénylacétique ($C^6H^5 . CH^2 . CO^2H$) et d'éthanol s'éthérifie tout aussi bien que celui de cet alcool et d'acide acétique.

Lorsqu'au contraire le carboxyle est relié directement au noyau, comme dans l'acide benzoïque $C^6H^5CO^2H$, les acides tolnique $C^6H^4\langle^{CH^3}_{CO^2H}$, l'acide salicylique $C^6H^4\langle^{OH}_{CO^2H}$, en même temps que l'action catalytique de SO^4H^2, il faut faire intervenir son pouvoir absorbant pour l'eau, et par suite porter la dose de cet acide à 10 et 15 %.

Avec les acides aromatiques monobasiques, les acides aromatiques bibasiques, comme l'acide phtalique, ou incomplets, comme l'acide cinnamique, Senderens et Aboulenc ont fabriqué une soixantaine d'éthers.

Leur méthode s'applique tout aussi bien aux alcools cycliques, cyclohexanol, méthylcyclohexanols, menthol, etc. qui leur ont fourni une quarantaine d'éthers, dont plusieurs n'étaient pas connus, non plus d'ailleurs qu'un bon nombre d'éthers aromatiques.

On voit par là toute la généralité de la nouvelle

méthode qui est appliquée industriellement dans le laboratoire de catalyse des établissements Poulenc.

§ VI. *Interprétation des résultats*

Dans la catalyse par voie humide comme dans la catalyse par voie sèche, les réactions s'expliquent par la formation de combinaisons temporaires. C'est ainsi qu'a été interprété le rôle du sulfate d'alumine dans la préparation des carbures éthyléniques et de l'oxyde d'éthyle, lorsqu'on ajoute une petite quantité de ce sel aux mélanges d'alcools et d'acide sulfurique.

L'emploi de ce même sel ou du bisulfate de potassium dans la préparation de l'acroléine se prête à la même interprétation. Avec le bisulfate de potassium, par exemple, il se formerait une combinaison instable de la glycérine, un sulfoglycérate de potassium (1).

On sait que l'acide trisulfoglycérique se transforme spontanément au contact de l'eau en acide disulfoglycérique. Ce serait donc un disulfoglycérate de potassium que l'on pourrait supposer se former, tel que le suivant :

$$\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH^2OH \end{array} + 2SO^4HK = 2H^2O + \begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CH\,.\,SO^4K \\ | \\ CH\,.\,SO^4K. \end{array}$$

Ce disulfoglycérate se décomposerait, aussitôt formé, en donnant de l'acroléine, et en régénérant le bisulfate.

$$\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CH\,.\,SO^4K \\ | \\ CH - SO^4K \end{array} = 2SO^4HK + \begin{array}{l} COH \\ | \\ CH \\ \| \\ CH^2. \end{array}$$

(1) J. B. Senderens, Bull. soc. chim., 4e série, t. 9, p. 377 (1911).

On peut avoir aussi un monosulfoglycérate, lequel en réagissant sur une molécule de glycérine donnerait par déshydratation externe une *diglycérine*, d'après l'équation suivante :

$$\left\{\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH^2 . SO^4K \end{array}\right. \qquad \left.\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH^2 \\ CH^2 \end{array}\right\rangle O$$

$$= SO^4HK + \qquad \left\{\begin{array}{l} CH^2O\boxed{H} \\ | \\ CH . OH \\ | \\ CH^2OH \end{array}\right. \qquad \begin{array}{l} | \\ CHOH \\ | \\ CH^2OH \end{array}$$

Cette diglycérine, avec une nouvelle molécule de monosulfoglycérate de potassium, donnerait la *triglycérine*, laquelle peut se concevoir encore comme provenant de l'action de deux molécules de glycérine sur le disulfo 1 . 3 glycérate de potassium.

On s'explique de la sorte comment, en même temps que l'acroléine qui distille, on obtient des liquides visqueux, les polyglycérines qui restent dans le ballon.

C'est un mécanisme semblable qui permet de rendre compte de l'action catalytique de l'acide sulfurique sur les alcools pour donner des carbures incomplets, ou sur les mélanges de ces alcools avec les acides organiques pour donner des éthers-sels. L'alcool ethylique par exemple formerait d'abord avec SO^4H^2 le composé instable

$$SO^4\left\langle\begin{array}{l} C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{array}\right. ;$$

on aurait ensuite, avec l'alcool seul :

$$SO^4\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right. = SO^4\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right. + C^2H^4\,;$$

avec un acide, soit l'acide acétique :

$$SO^4\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right. + CH^3.CO^2H = CH^3.CO^2C^2H + SO^4\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right..$$

L'acide ethylsulfurique libéré dans ces réactions donnerait de nouveau $SO^4\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right.$ avec lequel le cycle des combinaisons temporaires recommence.

CONCLUSION

On a pu voir, par cet exposé, la grande variété de réactions que permet d'effectuer la catalyse. Elles sont loin d'avoir toutes la même importance et surtout de fournir les mêmes rendements. A ce dernier point de vue, la catalyse par voie humide ne présente pas les inégalités que l'on rencontre dans la catalyse par voie sèche. C'est ainsi que les éthers-sels dont il vient d'être question se préparent tous sensiblement avec la même facilité et des rendements extrêmement voisins. On peut en dire autant des carbures provenant de l'action catalytique de l'acide sulfurique.

Dans les produits obtenus catalytiquement par voie sèche, les cétones se font remarquer par la facilité avec laquelle le procédé Senderens permet de les obtenir. La déshydratation des alcools par le sulfate d'alumine, le silicate d'alumine et l'alumine précipitée est également une opération des plus avantageuses et constitue un procédé très supérieur aux méthodes que

l'on suivait antérieurement pour se procurer les carbures incomplets.

Avec les méthodes d'hydrogénation et de déshydrogénation Sabatier-Senderen, on arrive, ainsi qu'on l'a vu, à préparer une multitude de composés. Mais, il importe de distinguer entre ceux qui sont d'une préparation courante tels que : les amines aromatiques, les carbures, les alcools, les cétones hydroaromatiques, etc., et ceux qui ne correspondent qu'à un simple mode de formation et qu'on n'obtient dès lors qu'en quantité minime. La distinction est loin d'être toujours facile, soit que les auteurs aient négligé de donner le pourcentage, soit que ce pourcentage ait été établi d'après le produit recueilli et non d'après la quantité de matière employée. Cela fait qu'au laboratoire industriel de catalyse des Établissements Poulenc on a dû renoncer à un bon nombre de ces préparations, qui au premier abord paraissaient des plus séduisantes, parce qu'elles se sont montrées d'un maniement trop difficile et qu'elles ont donné de trop faibles rendements.

J. B. Senderens.

CHRISTOPHE COLOMB

Les diverses Phases de sa vie d'après la Légende et l'Histoire

---

LES SOURCES

Quiconque veut étudier la vie de Christophe Colomb doit envisager ces choses essentielles : la personne de l'amiral et le projet qu'il conçut et mena à bonne fin.

Cette étude peut s'appuyer sur deux sources d'information bien distinctes (1). La plus abondante et la moins digne de foi est constituée par les écrits de Colomb, ceux de son fils naturel Fernand, ceux de son historiographe l'évêque Las Casas, ceux enfin des écrivains contemporains espagnols ou portugais qui connurent personnellement l'amiral : Oviedo (2), Andrès Bernaldez (3), Geraldini (4), Pierre Martyr (5). Notons encore Ruy de Pina (6), Resende (7), Bar-

(1) H. Vignaud, *Études critiques sur la vie de Christophe Colomb avant ses découvertes*. Paris, 1905, p. 24; Harrisse, *Christophe Colomb*, Paris, 1884, t. I, pp. 1-136.

(2) *La Historia general de las Indias*, Séville, 1535, et éditions suivantes.

(3) *Historia de los Reyes Catolicos D. Fernando y Dona Isabel...*, Séville, 1870, 2 vol. in-8°.

(4) *Itinerarium*, 1651.

(5) *Opus epistolarum... Compluti...* MDXXX, in-f°; *Sommario dell' historia dell' Indie occidentale...*, dans Ramusio, Terzo Volume delle Navigationi, Venise, 1553.

(6) *Chronica do Senhor Rey D. Alfonso V* (Collecçao de livros ineditos de Historia portugueza, etc.), Lisboa, 1792.

(7) *Chronica dos valorosos e insignes feitos del Rey Joao II...*, Lisbonne, 1622, in-f°.

ros (1), Lopez de Gomara (2), qui chercha parfois à s'écarter de la tradition colombienne, Herrera (3), qui se borna à copier Las Casas, etc., etc. Les informations fournies par cette première source forment la *tradition colombienne*.

La seconde source, plus sûre mais plus pauvre que la précédente, à laquelle elle n'emprunte rien, fournit encore assez de matériaux : les courtes notices d'Antonio Gallo, chancelier de la Banque St-Georges à Gênes (4) ; de B. Seranega, chancelier de la République de Gênes (5) ; de l'évêque A. Giustiniani (6), tous trois compatriotes de l'amiral ; puis une série de documents provenant des archives notariales gênoises et savonaises, « la correspondance officielle relative aux affaires auxquelles les deux Colombo prirent part, et les pièces authentiques, extraites des archives d'Espagne, qui se rapportent aux relations officielles de Colomb avec les Rois Catholiques à l'époque de l'acceptation et de la mise à exécution de son grand dessein ».

Si les premières années de l'amiral ne présentent rien de particulier, il faut les connaître cependant pour bien saisir le caractère de son entreprise, ou mieux pour s'assurer si elles expliquent naturellement la formation, chez le grand Génois, de la théorie savante qui aurait été la cause déterminante de sa découverte (7). Cela est devenu d'autant plus facile qu'une critique

(1) *Da Asia...*, Lisboa, 1778-1788, 24 t., in-12°.

(2) *La historia general de las Indias, con todos los descubrimientos...*, Anveres, Juan Lacio..., 1554, in-8°.

(3) *Historia general de los hechos de los Castellanos en las islas y tierra firme del mar Oceano...*, Madrid, 1728, 4 vol. in-f°.

(4) *De navigatione Columbi per inaccessum ante Oceanum Commentariolus*, dans Raccolta, IIIe partie, t. II, pp. 188-191 (Fonti italiane per la storia della scoperta del Nuevo Mondo, raccolte da G. Berchet).

(5) *De rebus Genuensibus commentaria, ab anno 498 usque ad annum 1514*, dans Raccolta. Fonti italiane, t. II, pp. 192-196.

(6) *Psalterium hebreum, arabicum et chaldeum cum tribus latinis interpretationibus et glossis*, Gênes, 1516, in-f°.

(7) H. Vignaud, *Loc. cit.*, p. 26.

éclairée s'est appliquée depuis quelques années à élucider quantité de points, obscurcis à plaisir. Ces énigmes, le mot n'est pas exagéré, se rapportent à la naissance de Christophe Colomb, à la condition sociale de sa famille, à l'instruction qu'il a reçue, aux voyages qu'il a ou aurait entrepris, aux connaissances nautiques qu'il lui aurait été donné d'acquérir ; à l'établissement de l'amiral au Portugal, à la formation et au développement de son projet ; à l'histoire de sa présentation, aux luttes qu'il eut à soutenir pour le faire agréer, etc.

La plupart des nombreux et remarquables travaux qui exposent la vie de Colomb et la découverte de l'Amérique, le font d'après la tradition colombienne ; or, cette tradition, si respectable et si documentée qu'elle soit, est-elle d'une authenticité incontestable ? N'est-elle pas infirmée par une série de documents, récemment exhumés, qui montrent la fausseté des articles de foi formant sa trame, et qui bouleversent de fond en comble la physionomie du Colomb, dont le nom est inscrit dans les annales de l'Humanité ?

Il semble que la dernière hypothèse s'impose; c'est la conclusion qui se dégage de ce travail, en tête duquel il ne semble pas superflu de placer quelques notions sur les sources d'information.

Colomb mourut dans l'obscurité la plus complète, et resta presque ignoré des chroniqueurs du temps ; en revanche son fils naturel Fernand (1), et l'évêque Barth. Las Casas (2) dépositaire des papiers de l'amiral, écrivirent sa biographie, pour ne pas dire son apologie, en traduisant sa pensée et en transcrivant les

(1) *Historie del S. D. Fernando Colombo.* Nella quali s'ha particulare e vera relatione dell' Ammiraglio D. Christoforo Colombo, suo padre. Nuovamente di lingua spanuola tradotte nell' Italiana dal S. Alfonso Ulloa. Venise, 1571, in-12°

(2) *Historia de Las Indias*, Madrid, 1875, 5 vol. in-8°. (Las Casas termina son *Historia* en 1561.)

assertions qu'il avait disséminées dans ses écrits, en partie égarés aujourd'hui.

Ces deux ouvrages justement suspects de partialité ne sont pourtant pas dépourvus de valeur, en raison des renseignements de première main dont ils abondent ; avec leur aide on a écrit la vie de Colomb, telle qu'on la trouve dans les livres, à partir d'Herrera, et telle qu'elle a fini par se graver dans les esprits et dans les cœurs.

Après Washington Irving « le plus renommé et le plus séduisant des biographes modernes » de l'amiral (1), et après Alexandre de Humboldt (2), le comte Roselly de Lorgues tenta aussi d'écrire l'histoire de Christophe Colomb (3). Contrairement au silence de ces deux écrivains, il tint compte d'un point important de la légende colombienne : la mission providentielle attribuée au découvreur de l'Amérique. D'après cette conception, Colomb devenait « un être exceptionnel, supérieur à tous et en quelque sorte en dehors de l'Humanité. Chacun de ses actes était déterminé, et sa vie tout entière formait une chaîne dont aucun anneau ne pouvait être séparé. La légende prenait ainsi un caractère sacré qu'il fallait respecter » (4). La vogue de ce livre favorisait la « singulière campagne entreprise, à la même époque, pour canoniser celui dans lequel on ne voulait voir qu'un héros chrétien ».

Une réaction *salutaire* ne tarda pas à se produire. Armé de pied en cap, H. Harrisse, le sagace et persévérant critique, entra le premier dans la lice.

(1) *A History of the life and voyages of Christopher Columbus*, Londres, 1828, 4 vol. in-8° et éd. subséquentes.

(2) *Examen critique de l'histoire de la géographie du Nouveau Continent, et des progrès de l'astronomie nautique du XVe au XVIe siècle*, Paris, 1836-1839, 5 t. in-8°.

(3) *Christophe Colomb. Histoire de sa vie et de ses voyages, d'après des documents authentiques tirés d'Espagne et d'Italie*, 4e éd., Paris, 1878, 2 vol. in-8°.

(4) H. Vignaud, *Loc. cit.*, p. 7.

Des documents, des actes notariés, passés à Gênes et à Savone notamment, avaient été découverts, qui ne concordaient pas toujours avec les assertions de Fernand Colomb et de Las Casas, et qui les atténuaient même de singulière façon. Le consciencieux critique s'en empara et montra, en se trompant parfois, il est vrai, que les *Historie*, l'une des bases fondamentales de la légende colombienne, fourmillaient d'erreurs et contenaient des affirmations inacceptables. Harrisse ne s'en prit pas à Christophe Colomb lui-même ; à ses yeux il était resté étranger à la légende qui se forma autour de son nom (1).

L'émoi, causé par l'apparition du *Fernand Colomb* de Harrisse, était à peine calmé, que l'Académie d'Histoire de Madrid mit au jour le mémoire, resté manuscrit, de Las Casas, qui constituait la deuxième assise de la légende colombienne. Cette publication dessilla les yeux ; elle montra qu'il ne s'était pas glissé d'interpolations dans le texte de Fernand Colomb, texte qui était passé d'Espagne en Italie.

Quelques années plus tard, en 1882, Harrisse, qu'on verra sur la brèche pendant à peu près un demi-siècle, consacra à Christophe Colomb un important ouvrage (2). Cette fois ce ne fut plus le témoignage du fils, mais celui du père qui fut scientifiquement contesté. Si les rectifications, que cette critique pénétrante des sources apporta à quantité de données acquises, ne tiennent pas une grande place « dans l'enchaînement des causes qui déterminèrent la découverte du Nouveau Monde », en revanche elles ont eu, à l'insu de H. Harrisse, des conséquences d'une portée considérable. Convaincu

(1) *Fernand Colomb, sa vie, ses œuvres.* Essai critique par l'auteur de la Bibliotheca americana vetustissima, Paris, Tross, 1872, in-8°.

(2) *Christophe Colomb, son origine, sa vie, ses voyages, sa famille et ses descendants.* Études d'histoire critique, Paris, E. Leroux, 1884, 2 vol. in-8°, XI-458 et 605 pp.

d'avoir, par vanité tout au moins, dissimulé, voire même altéré le caractère de certains faits, l'amiral perdit quelque peu de son prestige (1).

Dès lors les historiens durent s'engager dans une voie différente de celle que traçait la tradition si généralement acceptée (2).

Parmi les nombreux écrits se rapportant à l'amiral et qui furent publiés lors de la commémoration du quatrième centenaire de la découverte de l'Amérique, il n'en est pas où le jugement soit plus sûr et plus profond que dans le *Christophe Colomb* de Sophus Ruge (3) ; il a vu et n'a pas hésité à faire ressortir les faiblesses morales de Colomb, si petit par bien des côtés (4).

Pour compléter cet aperçu sommaire sur les sources de l'histoire colombienne, nous devons signaler, de façon particulière, la *Raccolta Colombiana* (5), et divers mémoires de M. Henry Vignaud, conseiller honoraire de l'ambassade américaine à Paris.

La *Raccolta*, vaste publication, on ne peut plus impartiale, est l'instrument de travail le plus riche en éléments de saine appréciation pour l'œuvre de l'amiral. On y trouve des mémoires de Desimoni, Belgrano, Staglieno, Salvagnini, Uzielli, de Lollis, etc.

« A côté de tous les écrits de Colomb qui forment la substance même des *Historie* et de l'*Historia*, ils (ces collaborateurs) ont placé toutes les informations qu'on a pu recueillir sur le découvreur et sur les siens qui ne viennent ni de lui ni d'eux » (6).

(1) Vignaud, *loc. cit.*, p. 19.
(2) Vignaud, *loc. cit.*, p. 11.
(3) *Columbus*, Zweite Auflage, Berlin, 1902, in-8°.
(4) Vignaud, *loc. cit.*, p. 13.
(5) Abréviation admise de ce titre : *Raccolta di Documenti e Studi pubblicati della R. Commissione Colombiana pel Quarto Centenario dalla Scoperta dell' America*. Roma. Auspice il Ministero della pubblica istruzione, MDCCCXCII-MDCCCXCIII, 6 parties comprenant 14 vol. in-fol.
(6) Vignaud, *loc. cit.*, p. 16.

Quant aux études de M. Vignaud, dont l'ingénieuse et profonde critique s'est attachée à la revision du procès en cause de Christophe Colomb, leur éloge n'est plus à faire ; ce n'est pas qu'elles aient amené des découvertes sensationnelles, mais elles mettent l'amiral à sa véritable place. Il nous est agréable de reconnaître que ces belles publications servent de pierre angulaire à ce travail. Nous avons tâché de condenser la pensée du maître, aux efforts persévérants et consciencieux duquel tous les Américanistes se complaisent à rendre hommage.

NOBLESSE, PARENTÉ IMAGINAIRES

Malgré les efforts de la critique historique, et en dépit des magnifiques résultats auxquels elle est arrivée, la vérité sur la famille de Christophe Colomb a de la peine à s'implanter dans la masse. Des esprits réfléchis et cultivés, tout autant que les auteurs de piètres manuels, ne peuvent croire à l'origine plébéienne de l'amiral, et ils lui dressent une généalogie fantastique. Voyons les choses sous leur vrai jour.

Colomb, qui était très prolixe, ne parlait jamais des membres de sa famille. Il nous a laissé ignorer leur profession et celle qu'il avait exercée. Discrètement il insinuait que ses ancêtres avaient toujours pratiqué la mer, et qu'ils comptaient des amiraux. Il faisait allusion d'autre part à ses relations avec des gens distingués, et à ses liens de parenté avec des personnages portant le même nom que lui ; mais il évitait de dire qu'il était de Gênes, où l'on aurait pu s'informer de sa condition.

L'auteur des *Historie* a les mêmes dispositions d'esprit que son père pour dissimuler ses humbles origines. Si rien ne transpire dans son ouvrage sur les circonstances de la vie de Christophe, qui pourraient trahir

l'obscurité de sa naissance, en revanche il se refuse de montrer, contrairement à un désir souvent exprimé, que Colomb était de sang illustre (1), et qu'il descendait du consul romain Julius Colonius, mais aussi qu'il comptait, parmi ses parents, les deux Coloni, qui avaient infligé une sanglante défaite aux Vénitiens. Il suffit à Fernand que son père ait été choisi par le Seigneur pour doter l'humanité d'un nouveau monde.

Malgré cette modestie apparente, le fils de Colomb note cependant que les armes et les devises de sa famille sont gravées sur des pierres tombales à Plaisance, où il avait eu soin de les relever. Le fait matériel peut être vrai, car parmi les nombreuses familles italiennes qui portaient le nom de Colomb, l'une était certainement de Plaisance (Lombardie). Elle appartenait à la noblesse, de même que deux autres familles Colombo, établies l'une à Cuccaro, dans le Montferrat, l'autre à Cogoleto, près de Gênes (Ligurie).

Au XVIIe siècle, le chanoine Pietro Maria Campi (2) s'efforça d'établir, par des preuves de fait, que les ancêtres de l'amiral étaient originaires de Plaisance ; cette filiation est basée sur des actes, dont on ignore la provenance, et qui sont en contradiction formelle avec ceux trouvés dans les officines des notaires de Gênes et de Savone.

Les Colombo de Cuccaro et ceux de Cogoleto se sont de leur côté prétendu parents de l'illustre Génois. Voici en quelles circonstances.

Le majorat que le « premier amiral de l'Océan » avait institué dans sa famille ne pouvait aller aux héritiers mâles de la ligne féminine qu'à l'extinction

(1) *Historie*, chap. I, fol. 2 r°.

(2) Discorso historico circa la patria, e nascita di Christoforo Colombi scopritore del Mondo Nuovo, dans le t. III, pp. 225-257, DELL'HISTORIA ECCLESIASTICA DI PIACENZA, Piacenza, 1651-1662, 3 vol. in-fol.

de la ligne masculine directe. L'événement se produisit le 27 janvier 1578, lors du décès de

Diego Colon (II) y Pravia
4e amiral des Indes
2e duc de Veragua.

Deux Colombo italiens, appartenant à des familles différentes, ne tardèrent pas à disputer le majorat aux héritiers de Colomb dans la ligne féminine. Ce furent Bernardo, de la branche des Colombo de Cogoleto, et Baldassare Colombo, des comtes de Cuccaro (12 janvier 1583), qui prétendait descendre d'un frère de Domenico, père de Christophe. D'après la généalogie établie par Baldassare, ce Domenico mourut en 1456 ; or le père de l'amiral vivait encore en 1494 ; cela rend quelque peu fragiles ses revendications.

Le riche apanage ne pouvait d'ailleurs pas revenir à ces prétendants ; car il ne devait passer aux héritiers des branches collatérales qu'après extinction de la descendance directe de Colomb.

Le procès, intenté devant le Conseil des Indes, fut clôturé le 22 décembre 1608, par un arrêt qui attribua l'héritage de l'amiral à Nuno Colombo, arrière-petit-fils de Diego, second amiral des Indes. C'était un coup sensible porté aux partisans des origines nobiliaires du grand Génois ; ils ne désarmèrent cependant pas, et de nos jours encore le comte Roselly de Lorgues rattache Christophe Colomb à la noblesse italienne.

Il peut être utile de signaler que H. Harrisse (1) a fait, d'après des documents originaux, le relevé complet des familles nobles génoises existant à l'époque de l'amiral. Or il n'en est pas une seule qui porte le nom de Colombo.

En France, comme en Italie, il existe plusieurs

(1) *Christophe Colomb*, t. I, p. 161.

anciennes familles nobles, bien authentiques, portant le nom de Colomb. Du bordelais elles ont essaimé jusqu'en Savoie, d'où l'un des rameaux a pu passer la frontière. Dès lors le dernier pas à franchir est vite fait. Colomb doit être originaire d'une de ces familles françaises, et la France peut le revendiquer comme un de ses enfants.

Nous nageons ici en pleine hypothèse, sans l'ombre d'une bonne raison à alléguer, si ce n'est la ressemblance du nom. Comment ose-t-on, avec de tels matériaux, établir la filiation entre les Colomb de France et ceux de Gênes ?

Quittons ce terrain plus mouvant que le sable de nos plages et voyons si Christophe Colomb n'a pas affiché d'autres prétentions que celles qui viennent d'être réduites à néant.

Au retour de son premier voyage, l'amiral obtint des souverains espagnols, pour lui et ses successeurs à perpétuité, des armoiries (1), dont un des quartiers était réservé à ses propres armes : d'or avec une bande d'azur sous un chef de gueules. Quel est le blason dont il peut être ici question ? Est-ce un blason que Colomb prétendait tenir de ses ancêtres ? Sont-ce des armes qu'il avait composées pour répondre au titre de *Don* que lui reconnaissaient les capitulations du 30 mai 1492, en raison de sa double dignité d'amiral de l'Océan et de vice-roi des terres qu'il découvrirait ? Nous estimons que la deuxième supposition semble la vraie. Ce n'est pas parce que Fernand Colomb prétend avoir relevé à Plaisance les armes de ses ancêtres, différentes d'ailleurs de celles que fit tracer son père ; ce n'est pas parce que Francisca Colomb, arrière-petite-fille de l'amiral, certifie que son aïeul a intercalé les armes

(1) Lettres patentes datées de Barcelone, 20 mai 1493. Vignaud, *loc. cit.*, pp. 122-123.

de sa famille dans le blason qu'il tenait des Rois catholiques, qu'on peut affirmer que Christophe considérait ses armes comme lui venant de ses ancêtres. Il y a doute manifeste et il doit être exprimé loyalement.

Dans un fragment de lettre, adressée à la nourrice du prince Juan de Castille, Doña Juana de la Torre, dame de la Cour, jouissant de toute la confiance de la Reine, Colomb déclare qu'il n'est pas le premier amiral de sa famille (1).

Fernand Colomb va beaucoup plus loin que son père : il ne se borne pas à dire que ses ancêtres avaient toujours été des hommes de mer ; il proclame encore qu'il était apparenté à deux illustres marins, les Colombo, dont il cite plusieurs fois le nom (2).

D'après Las Casas, Colombo di Giovane, qui passait pour être le plus jeune de ces navigateurs, eut longtemps sous ses ordres Christophe Colomb, fort appliqué au métier de marin ; avec Fernand, l'évêque estime même que ce Colombo aborda en Portugal, à la suite d'une action navale où il jouait le rôle principal.

Il a suffi de ces assertions sans preuves et acceptées sans examen, mais auxquelles l'existence incontestable de deux Coullon (!) donnait une apparence de vérité, il a suffi de ces assertions, disons-nous, pour faire admettre que Christophe s'initia à la pratique du métier à l'école de ces audacieux officiers français, ses prétendus parents ; on crut même qu'il fit campagne, sous les ordres de l'un d'eux, avec les Vénitiens, pour le roi René II, de Lorraine, en lutte contre la France, et qu'il prit part à un combat naval livré devant Chypre (3). De nos jours on ne doute plus de l'inexactitude de toutes ces données.

(1) Raccolta, Scritti di Colombo, Ire partie, t. II. Illustrazione al documento IV, p. CLXVIII.

(2) *Historie*. ch. I, fol. 2 r° ; ch. II, fol. 4 r° ; ch. V, fol. 10 r°.

(3) Vignaud, *loc. cit.*, p. 69.

LES DEUX COULLON

Les deux Coullon, on nous permettra cette qualification, ont exercé un haut commandement dans la marine française du temps de Louis XI et de son successeur Charles VIII (1). L'aîné était un cadet de Gascogne, Guillaume de Casenove, dit Coullon, ou Colombo en Italie ; peut-être a-t-il été vice-amiral de l'amirauté de Normandie dès 1461. De 1469 à 1475 il fit diverses courses, malmenant particulièrement les galères vénitiennes ; mais sa campagne la plus importante, dirigée contre la Castille, est celle de 1476, qui se termina par la bataille navale livrée au large du cap Saint-Vincent (13 août 1476). Cinq navires de commerce génois, commandés par Georgio Antonio di Negro, Nicolo et Gofredo Spinola, résistèrent victorieusement pendant dix heures à l'impétueuse attaque de Coullon ; l'action finit par l'incendie de plusieurs navires.

Deux des galéasses génoises, à bord desquelles servait Christophe Colomb, s'échappèrent et se réfugièrent à Cadix, d'où elles se rendirent à Lisbonne. Nous reparlerons de cet événement.

Coullon continua d'écumer les mers sous pavillon français, et mourut avant le mois de septembre 1483, date à laquelle sa femme était veuve.

Bien moins encore que de Casenove, le second Coullon est apparenté à Christophe Colomb.

Au cours d'un combat naval, qui eut lieu, le 21 août 1485, à hauteur du cap Saint-Vincent, quatre galères vénitiennes, se rendant à L'Écluse et à Londres, furent

(1) Vignaud, *loc. cit.*, pp. 131-189. — On consultera avec fruit : H. Harrisse, *Les Colombo de France et d'Italie, fameux marins du XVe siècle, 1461-1492.* D'après des documents nouveaux ou inédits. Paris, 1874, in-4° ; et A. Salvagnini, *Cristoforo Colombo e i Corsari Colombo suoi contemporanei.* RACCOLTA COLOMBIANA, IIe Partie, t. III.

capturées par une escadre française commandée par un Coullon.

Des documents vénitiens appellent cet officier Georges-le-Grec ; Marino Sanuto, qui fut le secrétaire du Sénat de Venise, en même temps que son historiographe, lui donne le sobriquet de Colombo-le-Jeune, peut-être parce qu'il avait servi avec l'autre Colombo.

D'après les sources françaises, un corsaire réputé, grec d'origine et répondant précisément au nom de Georges, servit dans la marine française ; il signait G. de Byssipat, dit le Grec, et même G. de Byssipatt le Grec.

L'identité des deux personnages semble difficile à contester. A la suite de la prise de Constantinople par Mahomet II en 1453, plusieurs familles princières grecques se réfugièrent en Italie et en France ; parmi ces dernières se trouvait Georges Paléologue de Bissipat (1). Il fit carrière en France sous les noms de Georges Bissipat et de Georges-le-Grec. Dès 1475 il est officier dans la marine de Louis XI ; il paraît même que, pendant la campagne de 1476, il fut le lieutenant le plus redoutable de Guillaume de Casenove, avec lequel il prit part à diverses opérations de guerre jusqu'en 1483. Le combat du cap Saint-Vincent de 1485, que nous avons noté, fut en quelque sorte le chant du Cygne de Colombo-le-Jeune, qui mourut en 1496.

Cet exposé démontre une fois de plus les légèretés ou les exagérations de langage de Christophe Colomb et de ses historiographes, qui lui doivent nécessairement leurs renseignements. M. Vignaud, qui est plutôt sévère pour l'illustre Génois, voit les choses sous un tout autre angle. Il estime que l'amiral n'a pas seulement caché la vérité sur sa modeste extraction, mais

(1) Vignaud, *loc. cit.*, p. 173.

qu'il l'a délibérément falsifiée dans un intérêt personnel.

« Si le fait, ajoute-t-il (1), que Colomb a cherché à nous induire en erreur sur ce point était le seul que révèle l'histoire de sa vie, on pourrait encore, avec quelque indulgence, l'expliquer par cette faiblesse si fréquente, même chez les êtres les mieux trempés, de vouloir paraître ce qu'ils ne sont pas ; mais il est loin d'en être ainsi. Dès que l'on étudie de près les actes de Colomb, dès qu'on soumet à un examen critique, sévère, ses propres paroles, on constate que nombre de ses assertions sont inexactes, et que parmi celles-là, il y en a qui ont été faites intentionnellement, soit pour servir ses desseins, soit pour cacher quelques vérités qui pouvaient lui nuire. Cette prétention, en apparence frivole, à une parenté imaginaire, dénote donc, chez Colomb, un état moral qui ne permet pas de voir dans sa parole une garantie de tout repos et qui autorise à avancer qu'il savait ne pas dire la vérité en parlant des deux corsaires, dont nous venons d'esquisser la vie, comme étant des membres de sa famille ».

LA VÉRITABLE FAMILLE DE COLOMB

Grâce à des recherches historiques récentes, on connaît maintenant les origines, voire l'état civil et la condition sociale de la famille de l'amiral : c'étaient incontestablement des artisans ; originaires de Quinto, ils émigrèrent à Gênes, située à proximité.

Parmi les nombreux Colombo, établis dans la vallée de Fontanabuona, Giovanni Colombo, natif de Terra Rossa, quartier de Maconesi, et habitant Quinto, bourg maritime à quelques kilomètres à l'est de Gênes, doit être considéré comme le grand-père de Christophe

(1) *Loc. cit.*, pp. 187-188.

Colomb (1). Chose à noter : l'amiral et son frère s'appelèrent Colombo de Terrarubia ou rubra, et Bartholomeus Colombus de Terra rubra.

Si on ignore la date de la naissance et de la mort de l'ancêtre Giovanni, et sa profession, on sait en revanche que le 21 février 1429 il engagea l'un de ses fils comme apprenti tisserand, et qu'en 1444 il était déjà décédé. De ses trois enfants, Domenico seul nous intéresse, parce qu'il fut le père de Christophe. Né à Quinto en 1418 ou 1419, il fut envoyé en apprentissage en 1429, chez le tisserand de drap Guglielmo de Brabante. Dès 1439 nous le trouvons à Gênes, comme maître tisserand, prenant à son service l'apprenti Leverone. Jusqu'en 1470 son nom se rencontre maintes fois, dans les documents officiels, pour l'acquisition de terrains ou de maisons, ou pour sa nomination au gardiennat de la porte de Gênes, située au bout de la via dell' Olivella.

D'après un acte du 2 mars 1470, Domenico était à la fois « textor pannorum et tabernarius ». Il est à présumer que le métier de tavernier lui ménagea des déboires, car à la fin de la susdite année, il fut incarcéré pour dettes, contractées envers un nommé Girolamo del Porto. Christophe Colomb, son fils aîné, intervint pour arranger l'affaire. Mais la situation de Domenico ne cessa pas d'être obérée ; il alla même habiter Savone avec sa famille, où il était établi en 1471, comme lainier « lanerius » ; au bout de quelques années, il rentra à Gênes, où il prit part, pour la dernière fois, à un acte notarial le 30 septembre 1494. Domenico mourut probablement en 1499, car en 1500 Sébastien Cuneo demanda aux autorités de Savone le permis de citer les fils et héritiers de Domenico en paiement de ce qui lui était dû, par leur père ou parent, sur la vente d'une maison située dans cette ville.

(1) Cf. le crayon généalogique placé à la fin de ce travail.

Domenico Colombo eut cinq enfants de Susanna Fontanarossa, sa femme, qu'il épousa, non vers 1440, comme le veulent MM. Belgrano et Staglieno (1), ou avant 1446, comme l'admet Harrisse (2), mais en 1450. Cette date concorde avec celle de la naissance du premier-né de Domenico, Christophe, qui doit être placée, ainsi que nous le verrons bientôt, en l'an 1451.

Outre Christophe, la famille comprenait Bartholomeo, Giovanni-Pellegrino, Jacopo (Diego), et Bianchinetta.

Nous ne croyons pas devoir nous occuper de Giovanni ni de Bianchinetta, mariée à un fromager du nom de Giacomo Bavorello ; ils n'ont joué aucun rôle dans la vie de Christophe Colomb, ni dans la découverte de l'Amérique. Les trois autres enfants de Domenico vont fixer davantage notre attention.

Diego est né vers 1468, si on s'en rapporte à un acte passé le 10 septembre 1484, où il jura avoir seize ans révolus « major annis sexdecim juravit(3) ». Cette façon de voir de M. Vignaud n'est pas partagée par H. Harrisse, on s'en convaincra sous peu. Par l'acte du 10 septembre 1484 précité, Diego s'engagea comme apprenti tisserand chez Luchino Cademartori, et en 1487 il était établi tisserand de drap à Gênes.

En novembre 1491, nous le trouvons à Savone ; dès lors il n'est plus fait mention de lui qu'en 1500 et 1501, à propos de la succession de son père ; les actes le portent comme habitant l'Espagne. Il est probable que Christophe Colomb le fit venir près de lui vers 1493, car Las Casas assure que les deux frères étaient à Haïti en 1494.

Il faut placer la naissance de Barthélemy Colomb

(1) Documenti relativi a Cristoforo Colombo e alla sua famiglia, *Raccolta Colombiana*, IIe partie, t. 1, p. 17.
(2) *Christophe Colomb*, t. 1, pp. 215-217.
(3) Vignaud, *loc. cit.*, p. 116, note 127.

vers 1461, car le 16 juillet 1512, à l'occasion d'un des procès intentés à la Couronne, en revendication des droits appartenant à Christophe Colomb, Barthélemy, établi alors à Saint-Domingue, déposa qu'il avait cinquante ans passés ; ce qui laisse supposer qu'il n'en avait pas cinquante et un. Le 16 juin 1480, le nom de Barthélemy apparaît pour la première fois dans les archives des notaires de la péninsule italique ; à cette date son père lui donne une procuration enregistrée à Savone. Nous ignorons toutefois s'il habitait cette ville ou Gênes ; c'est vers cette époque qu'il se rendit en Portugal, pour passer de là en Espagne, où il était au plus tard en 1500.

DÉBUTS DE CHRISTOPHE COLOMB

Seul parmi les enfants de Domenico, Christophe Colomb se couvrit de gloire. Ce n'est pas que ses débuts n'aient été modestes. Pour donner satisfaction à Pietro Bellesio, leur créancier, le père et le fils interviennent, et par l'acte du 31 octobre 1470, Christophe, âgé de dix-neuf ans révolus, s'engage personnellement à solder, dans le délai d'un an, la dette qui avait été contractée en commun pour une fourniture de vin faite à lui Christophe et à son père (1). Or, d'après l'acte du 2 mars 1470, Domenico exerçait à Gênes la profession de tisserand et celle de cabaretier. Ne peut-on pas logiquement conclure qu'en cette année 1470 Christophe exploitait la taverne avec son père, et que c'est pour l'usage de cette taverne exclusivement, et non pour n'importe quel commerce, que le vin, dont Christophe garantissait le paiement, avait été acheté ?

Christophe Colomb n'était pas que tavernier. Comme

(1) Vignaud, *loc. cit.*, p. 111. Domenico Colomb prit d'ailleurs le même engagement.

son père, comme ses oncles, comme ses frères et cousins germains, il exerça aussi la profession de tisserand.

Cela résulte des témoignages apportés par Gallo, Senarega, Giustiniani, ses contemporains et compatriotes, et des termes d'un acte authentique passé à Savone le 20 mars 1472.

LIEU DE NAISSANCE DE L'AMIRAL

Mais nous anticipons. Il importe de se demander avant tout où Colomb est né, et à quelle date il a vu le jour. La solution de ces deux problèmes, qui compte toute une littérature abondante et variée, n'est devenue possible que de nos jours.

Une douzaine de villes revendiquent l'honneur d'avoir vu naître l'amiral dans leurs murs (1). Tels auteurs proposent Albissola, Bogliasco, Finale, Oneglia, Pradello; quelques-uns patronnent Cogoleto, Cuccaro, Modène, Nervi; d'autres enfin Plaisance, Quinto, Terrarossa, Savone, où Domenico et Christophe habitèrent quelque temps, et Calvi (Corse), qui n'a aucun titre à faire valoir, mais qui se démena à tel point, que l'érection d'une statue du grand Génois, à dresser sur la place publique, fut approuvée par un décret du Président de la République française, signé Grévy et contre-signé Goblet (2). Tout récemment (1912), M. Constantino de Horta y Pardo, dans une brochure publiée à New-York, a prétendu que Colomb était originaire de la petite ville de Pontevedra (Galice), voisine de la frontière septentrionale du Portugal, dont la baie de Vigo la sépare !

La seule cité, dont les revendications, on ne peut plus légitimes, puissent se justifier, est Gênes, et si

(1) Vignaud, *loc. cit.*, pp. 269-282.
(2) Idem, *ibidem*, p. 273.

une opposition quelconque à cette idée se fait encore jour, on peut, sans hésitation aucune, lui appliquer le « Vox clamantis in deserto ».

Les historiens contemporains, Pierre Martyr, qui connut personnellement Christophe Colomb, Las Casas, son historiographe, etc., se prononcent pour l'intéressante cité ligurienne. On peut d'autant plus se rassurer à ce sujet que l'amiral est né en 1451. Or, le 10 novembre 1450 son père fut renommé gardien de la porte Olivella, à Gênes, poste qui lui avait été confié déjà le 4 février 1447, par le doge de la ville ; Domenico y acheta au surplus une propriété le 26 mars 1451.

Enfin il nous reste, pour peser dans la balance, la déclaration de Colomb lui-même. De son vivant il n'a jamais parlé du lieu de sa naissance, mais dans l'acte constitutif de son majorat, établi le 22 février 1498, et qui ne fut ouvert et connu qu'après sa mort, il affirme à deux reprises qu'il est né à Gênes.

DATE DE NAISSANCE DE COLOMB

Cette cause entendue, occupons-nous de la seconde question que nous avons signalée : la date de la naissance de l'amiral (1). De nombreuses dates ont été proposées, avec, comme limites extrêmes, 1430 et 1456; ce sont toutefois les années 1436 et 1446-1447 qui ont particulièrement séduit les auteurs et critiques les plus compétents : Navarrete, de Humboldt, Washington Irving, Fiske, Muñoz, d'Avezac, Gelcich, Desimoni, Thacher, Major, Gaffarel, Robertson, Winsor, Markham, etc. Leur désaccord ne doit pas nous surprendre.

Fernand Colomb et Las Casas, historiographes de l'amiral, avaient intérêt à faire la lumière sur ce point

(1) Vignaud : *a) Loc. cit.*, pp. 191-267 ; *b) A critical study of the various dates assigned to the birth of Christopher Columbus. The Real date, 1451*, London, Stevens, 1903, in-12°, XII-181 p.

du *curriculum vitae* de leur héros; leur silence est absolu.

Du côté de Christophe Colomb les indications sont des plus vagues. Les chiffres, qu'il donne maintes fois pour certaines époques marquantes de son existence, sont contradictoires, et ne permettent pas de déterminer l'année exacte où il est né. Sans passer au crible tous les textes de Colomb, notons en cependant quelques-uns pour nous faire une conviction.

En décembre 1492, Colomb déclare qu'il a navigué presque sans interruption pendant vingt-trois ans.

Cette assertion peut nous reporter à 1470, mais à 1461 aussi, si l'on suppute les années à partir du moment (1484) où l'amiral vint en Espagne, ou même à 1453, en comptant les années avant son arrivée au Portugal (1476). Colomb ayant commencé à affronter les risques de l'Océan dès l'âge de 14 ans, l'année de sa naissance, d'après les éventualités envisagées, serait 1456, 1447 ou 1439.

D'après une déclaration faite par Christophe Colomb en 1501, il prit la mer tout jeune et... navigua pendant quarante ans; cela nous ramène de nouveau à 1461, ou, pour l'année où il vit le jour, à 1447.

Nous pourrions multiplier ces exemples; la conclusion qui s'en dégagerait serait toujours la même. Les chiffres fournis par les sources colombiennes sont authentiques, mais combinés entre eux, ils aboutissent à des impossibilités, sinon à des absurdités.

Comment expliquer le désaccord entre les assertions de l'amiral et le soin qu'il met à ne pas révéler son âge? Y a-t-il manque de mémoire, désir de se vieillir, pour faire croire à son expérience prolongée des choses de la mer, ou intention formelle de dépister les recherches qu'on pourrait être tenté de faire à son sujet? En cas de doute nous préférons opter pour la solution la plus favorable, et expliquer par l'inadver-

tance les variations de l'amiral sur les dates qui se rapportent à sa carrière.

Les déclarations de Colomb manquant de précision pour la détermination de son âge, force est de faire appel à d'autres sources d'informations. Il n'en est pas de plus précieuses que les archives délaissées par les notaires génois et savonais, devant lesquels ont comparu C. Colomb ou des membres de sa famille. Mais encore faut-il que l'interprétation de ces documents soit logique et nullement outrée.

Les lois de Gênes et de Savone reconnaissaient quatre différentes majorités : celles de 16, de 17, de 18 et de 25 ans. Se basant sur cette donnée, des critiques ont émis l'opinion, qu'on pouvait déduire *avec certitude,* de certains actes notariés, qu'à la date de leur signature, Colomb avait ou n'avait pas atteint la grande majorité de 25 ans ; il était facile par ce fait de déduire son âge !

Or pour M. Desimoni (1), l'amiral n'avait pas vingt-cinq ans le 26 août 1472, parce qu'il signe ce jour-là un acte avec le consentement de son père ; en revanche, pour H. Harrisse, la garantie donnée par Colomb, le 26 août susdit, pour le paiement de la fourniture de sept quintaux de laines, autorise la supposition qu'au printemps de cette année, le futur amiral avait atteint l'âge de majorité (2).

Ces divergences d'opinions s'expliquent aisément. Ignorant, de façon positive, comment les notaires du temps comprenaient les dispositions légales de leur pays, ne sachant pas d'autre part les diverses exceptions qu'elles comportaient, et de quelles applications fort différentes elles étaient l'objet, on faisait dire à des actes authentiques ce qu'ils ne renfermaient pas, et

(1) *Quistioni Colombiane,* Raccolta, IIe partie, t. III, p. 23.
(2) *Christophe Colomb,* t. I, p. 240.

grâce à des déductions, parfois téméraires, on plaçait la naissance de Christophe Colomb de 1446 à 1451.

Depuis des découvertes récentes, le doute semble impossible.

On doit à MM. Henry Vignaud et Ugo Assereto, mais surtout à l'honorable conseiller honoraire de l'ambassade américaine à Paris, des études intéressantes, que nous osons qualifier de définitives, sur la date de la naissance de Christophe Colomb : il a vu le jour en 1451. Ce n'est pas qu'ils aient été les premiers à formuler cette date ; cet honneur revient à Richard Davey ; il estimait que l'amiral était né en octobre 1451, mais n'apporta malheureusement aucune preuve à l'appui de son opinion.

Dans un mémoire présenté au Congrès international des Américanistes, tenu à Paris en septembre 1900, M. Gonzalez de la Rosa affirma lui aussi, tout en réservant ses preuves pour un travail ultérieur, qu'il fallait placer la naissance de Colomb en l'an 1451, probablement le 25 juillet, jour de la Saint Christophe. « Cette date, ajoute-t-il (1), est capitale, et une fois fixée, tout le reste s'explique facilement. Les hésitations de M. Harrisse entre 1446 et 1451 — lequel au fond est d'accord avec nous — proviennent de ce qu'il n'a pas saisi le sens vrai des lois municipales de Gênes au xve siècle sur les majorités et que nous avons étudiées (éd. 1498). »

Sur quelles preuves repose l'opinion de MM. Vignaud et Assereto ?

M. Vignaud se base sur l'acte passé à Gênes, le 31 octobre 1470, devant le notaire Nicolas Raggio ; par cet acte Domenico Colombo et son fils Christophe « major annis decemnovem » s'obligeaient solidaire-

(1) *La solution de tous les problèmes relatifs à Christophe Colomb*, 1902, p. 19.

ment à solder la note d'un certain Bellesio, qui leur avait fait une livraison de vin.

Pour Staglieno, Desimoni et H. Harrisse, l'expression « major annis decemnovem » voudrait dire, non seulement que Christophe Colomb avait dépassé la majorité légale de 18 ans, mais qu'il n'avait pas encore atteint celle de 25. C'est forcer le sens des textes ; on sait de science certaine que les anciennes lois de Gênes ne parlent nulle part d'une majorité fixée à l'âge de 19 ans. Dès lors la conclusion s'impose ; le père de l'amiral ayant figuré et participé à l'acte, toutes difficultés légales étaient supprimées, et le notaire devait simplement, pour établir l'identité de son client et dire que celui-ci était en règle, se borner à ajouter son âge à sa filiation ; les mots « majeur de dix-neuf ans » ne peuvent dès lors s'entendre que dans un sens littéral et non dans un sens juridique, comme l'expose M. Vignaud (1) ; ils signifient que Colomb a dix-neuf ans accomplis, mais n'en a pas encore vingt ; on en peut déduire qu'il est né après le 31 octobre 1450 et avant le 31 octobre 1451.

Cette interprétation est simple, claire, précise et logique.

L'acte, sur lequel s'appuie M. Ugo Assereto, est une déposition faite sous serment par Christophe Colomb, le 25 août 1479, devant le notaire Jérôme Ventimiglia, de Gênes ; l'illustre Génois y déclare qu'il habitait Lisbonne et qu'il avait alors vingt-sept ans environ : *Est etatis annorum viginti septem vel circa.* Cette phrase veut dire vingt-sept ans révolus, car il était de pratique constante à Gênes d'accuser le nombre d'années qu'on avait déjà atteint.

On ne saurait, car l'époque de la naissance de Colomb se trouve circonscrite dans des limites de plus

(1) *Loc. cit.*, p. 259.

en plus étroites, trouver une confirmation plus nette et plus précise de l'acte du 31 octobre 1470 ; à cette dernière date, l'amiral avait dix-neuf ans révolus ; il en a donc eu certainement vingt-huit le 31 octobre 1479 ; mais nous venons de voir qu'il avait vingt-sept ans au moins le 25 août 1479. Colomb a donc eu vingt-huit ans, entre le 26 août et le 31 octobre 1479, et sa naissance se place entre le 26 août et le 31 octobre 1451.

Il nous faut prévenir une objection.

Nous avons dit qu'on ne pouvait guère se fier aux assertions de Colomb relatives « à l'âge qu'il avait à différentes époques de sa vie, ou à l'emploi de son temps ». Et voici que nous tablons sur des données, fournies par lui à des notaires, pour affirmer qu'il est né en 1451. La réponse est facile. Lorsque Colomb parut devant les officiers ministériels en 1470 et en 1479, il s'est efforcé d'être exact dans ses affirmations, que le notaire aurait pu facilement contrôler, puisqu'il se disait de Gênes ; de plus l'amiral n'avait encore aucune raison, même en 1479, de cacher son âge. On se rappellera d'ailleurs qu'en 1470 il passait un acte avec son père.

On dit encore que l'année 1451 est en contradiction avec les assertions de l'amiral. Cela est vrai pour quelques-unes, mais d'après M. Vignaud (1), qui ajoute les preuves négligées par M. Gonzalez de la Rosa, cette date se concilie cependant fort bien avec les principaux faits connus de la carrière de Christophe Colomb. « En 1465, il avait 14 ans et il a pu comme il le dit... s'aventurer en mer pour la première fois à cet âge, sans que cela suppose qu'il ait alors embrassé la carrière maritime, puisque l'on constate sa présence au domicile paternel en 1470, 1472 et 1473. C'est en 1474 ou 1475, à 24 ou 25 ans, comme on peut le démontrer, qu'il s'embarque pour son premier voyage important —

(1) *Loc. cit.*, pp. 265-266.

celui de Chio. C'est en 1476, à 26 ans, on peut le montrer également, qu'il aborde pour la première fois en Portugal où il ne reste pas. C'est en 1477, ainsi qu'il le constate lui-même, qu'il fait un voyage au Nord. C'est à la fin de cette même année 1477, ou dans les premiers mois de la suivante, qu'il se fixe en Portugal, et c'est là que commence réellement sa grande carrière. Il avait alors 28 ans, et il dit lui-même que c'est à cet âge qu'il offrit ses services (1). C'est dans les sept années suivantes qu'il se marie, qu'il fait ses voyages en Guinée et qu'il entre en rapport avec le roi Joâo II. C'est à la fin de l'année 1484, comme le dit son fils, ou au commencement de la suivante, comme le rapporte Las Casas, qu'il passe en Espagne et c'est le 20 janvier 1486, ainsi qu'il le dit, qu'il entra au service des Rois Catholiques ou qu'il se considère comme engagé vis-à-vis d'eux. Il avait alors 36 ans et c'est après six ans de sollicitations, en janvier 1492, fait constaté par lui-même, qu'il obtient ce qu'il demandait. Il avait donc 41 ans quand il découvrit l'Amérique, et 56 ans quand il mourut en 1506, ayant déjà l'apparence d'un vieillard. »

LA JEUNESSE DE CHRISTOPHE COLOMB. — SES ÉTUDES

Les débuts dans la vie de Christophe Colomb sont enveloppés de ténèbres. Ni l'amiral, ni son fils, ni Las Casas ne cherchent à projeter ici quelque lumière.

Il a plu à Dieu, déclare Fernand Colomb (2), que ses parents ne fussent pas connus, et il ajoute (3) que c'est par respect filial qu'il a évité d'interroger son père sur les premiers temps de sa carrière. Les autres sources d'informations qui étaient à sa disposition, son frère

(1) Cf. Vignaud, *loc. cit.*, p. 215, n° 6.
(2) *Historie*, chap. I, fol. 2 v°.
(3) *Ibidem*, chap. VI, fol. 7 v°.

aîné, ses oncles paternels, etc., ont été négligées. On constate la même insouciance chez le vertueux Las Casas, qui a cependant eu des relations suivies avec plusieurs membres de la famille Colomb, mais qui a préféré faire ses emprunts à l'historien portugais Barros, qui n'était pas à même d'être aussi bien renseigné que lui sur les faits et gestes de l'amiral.

En ce qui concerne un point spécial de la vie de l'illustre Génois, *son instruction*, des historiens déclarent, encore de nos jours, que l'université de Pavie (3), où on lui a d'ailleurs érigé un monument, a eu l'honneur de présider à l'avenir de Colomb.

Le renseignement est emprunté à Fernand (4). « Dans sa première jeunesse, dit-il, Colomb s'adonna aux lettres et étudia à Pavie, dans la mesure voulue pour comprendre la cosmographie ; les livres qui traitaient de cette science, présentaient pour lui un attrait particulier ; il s'occupa aussi d'astrologie et de géométrie, en raison des liens de connexité existant entre ces diverses branches du savoir humain. Enfin il apprit à dessiner des cartes géographiques ».

Ce langage trouve sa confirmation chez Las Casas. D'après sa correspondance, Colomb, dans son enfance et sa jeunesse, acquit toutes les connaissances élémentaires et connut convenablement le latin. « Il apprit la moëlle et la substance nécessaire des autres sciences, à savoir de la géométrie, de la cosmographie, de l'astrologie, de la navigation » (1), et reçut, à Pavie, les premiers éléments des lettres (2).

Las Casas dit autre part, il est vrai, que Colomb connaissait très mal le latin; il ne possédait donc pas

(1) Elle a reçu en don du chapitre de la Cathédrale de Saint Domingue, le petit doigt... combien authentique... de Christophe Colomb !

(2) *Historie*, chap. II, fol. 5 v° ; 6 v° ; chap. III, fol. 7 v°.

(3) Vignaud, *loc. cit.*, p. 291, note 2.

(4) *Historie*, liv. I, ch. III, t. I, p. 46.

la seule langue véhiculaire de l'époque, qui permît d'aborder l'étude des sciences. Nous pouvons ajouter, d'après M. de Lollis, le savant de notre temps, le mieux renseigné sur les écrits de l'amiral, que le latin du grand Génois porte des traces indéniables de l'influence de l'espagnol ou du portugais. Au nominatif pluriel des substantifs, par exemple, il donne presque toujours la désinence espagnole (1).

Quel but pouvait bien poursuivre le fils de Colomb, en vantant la science de son père ? Fidèle à son système, il voulait lui tresser une couronne, et montrer combien il était doué et armé pour la carrière maritime. Mais était-il indispensable, ou seulement nécessaire, que l'amiral, pour acquérir les connaissances exigées par le métier de marin, se rendît à l'université de Pavie, qui n'était pas renommée pour l'étude des sciences proprement dites ? Ne lui aurait-il pas suffi de rester à Gênes, ville maritime de premier ordre depuis trois siècles, comme l'observe H. Harisse (2), et où des cosmographes de marque, Beccario, Bartolomeo Pareto, Graziozo, Benincasa, etc., faisaient école ?

Nous ne parvenons pas au surplus à concilier le passage de Fernand Colomb, qui vient d'être rapporté, avec l'extrait d'une lettre de l'amiral antérieure au 3 septembre 1501, et où il déclare qu'il a navigué dès l'âge le plus tendre « di età molto tenera », jusqu'au jour où il écrit, soit pendant plus de quarante ans (3). Christophe, ayant embrassé la carrière maritime avant 1461, aurait fréquenté l'université dès l'âge de dix ans ! Mais nous savons d'autre part que ses débuts de marin remontent à l'âge de quatorze ans, soit à l'année 1465. Si le métier lui a souri, il n'est pas impossible que

(1) Qui a découvert l'Amérique? REVUE DES REVUES, 15 janv. 1892, p. 154.
(2) *Christophe Colomb*, t. I, p. 245.
(3) *Historie*. f° 8 r°.

Colomb se soit décidé, au bout d'un an ou deux, à aller enrichir son bagage scientifique à l'université.

Dès lors se présentent plusieurs objections. Les chiffres de Colomb sont souvent fantaisistes, donc sujets à caution ; loin de se rallier aux uns plus qu'aux autres, d'après les besoins de la cause, il est sage de ne les accepter que si une confirmation éclatante vient d'une autre source. Or est-ce ici le cas ?

L'amiral, qui affiche volontiers des prétentions, ne dit mot de son séjour à Pavie : c'était pourtant un argument excellent à faire valoir dans sa lettre de 1501, car il aurait donné du poids à cet étalage outré de science, qui devait faire considérer Colomb comme un homme universel. Mais le marin n'a qu'une chose en vue : fournir la preuve de son expérience nautique.

Est-il admissible au surplus que le jeune Colomb se soit aventuré à franchir, par dessus les Apennins, la distance considérable qui sépare Gênes de Pavie? et que Domenico, pratiquant le dur et ingrat métier de tisserand, ait eu les moyens, c'était un gros sacrifice, d'envoyer son fils aîné dans une ville éloignée pour y étudier l'astronomie et la cosmographie, connaissances totalement étrangères à sa profession et à celle de sa famille ?

Enfin, si Colomb a étudié à Pavie, n'est-il pas étrange qu'on ne constate nulle part de traces de son passage à cette *Alma mater?* Son nom ne figure ni dans les archives, ni dans les matricules de l'université, qui sont conservées et ont été examinées avec soin ; aucun historien, aucun professeur de l'époque, pas même Scillacio, qui publia la relation du second voyage de Colomb, ne relate un fait, si honorable pour l'établissement et pour le corps professoral.

En vérité, l'amiral ne s'est point appliqué à des études supérieures ; à considérer le milieu social où il vécut, nous nous rangeons sans hésiter à l'opinion de

H. Harrisse et de M. H. Vignaud, pour qui sa première instruction a été très élémentaire ; c'est aussi l'avis d'un contemporain de Colomb, Antonio Gallo, et peut-être de Agostino Giustiniani, d'après lequel l'amiral avait une profession manuelle.

Il n'est pas impossible que Colomb ait suivi les leçons à l'école primaire, établie à Gênes, dans la ruelle de Pavie (*Vico di Pavia)*, et où la corporation des lainiers envoyait ses enfants (1). Il dut en tous cas « quitter de bonne heure l'école pour l'atelier, et servir d'apprenti dans la maison paternelle. Cependant, vu son goût prononcé pour la marine, rien n'empêche d'admettre qu'au sortir de l'adolescence, il n'ait mené de front les exigences du métier, quelques études nautiques, et certains voyages dans la Méditerranée. Mais tout tend à prouver, malgré ses assertions contraires, que sa principale occupation, sa véritable profession, alors même qu'il eût atteint l'âge de la majorité, fut de carder de la laine ou de tisser du drap (2). »

(A suivre). FERN. VAN ORTROY.

(1) Desimoni, *Quistioni Colombiane*, RACCOLTA, IIe partie, t. III, pp. 29-30 (cf. H. Vignaud, *loc. cit.*, p. 294, note 9).
(2) Harrisse, *Christophe Colomb*, t. I, p. 247.

LA VALENCE CHIMIQUE [1]

(Suite)

---

§ 4. *Valence des autres éléments*

Groupe 0

Dans le groupe 0, ajouté par Ramsay au système de Mendeléeff et de L. Meyer, se trouvent les gaz inertes ou gaz nobles. Flawitzky (2) et Thomson (3) avaient entrevu leur existence, en se basant sur des raisons purement mathématiques.

Ces éléments sont complètement dépourvus d'affinité chimique; non seulement ils ne se combinent pas avec eux-mêmes pour former des molécules polyatomiques, mais encore ils sont inactifs vis-à-vis de tous les éléments connus.

D'après Berthelot (4) l'action prolongée de l'effluve sur un mélange d'hélium et de benzène ou de sulfure de carbone, produit des matières condensées qui renferment de l'hélium. D'après Troost et Ouvrard (5) l'hélium pourrait sous l'nfluence de fortes décharges être absorbé par le magnésium; d'après Travers (6) il en est de même pour le platine, mais il semble qu'il n'y ait là que des phénomènes d'occlusion. Troost et Ouvrard (7) ont combiné l'argon

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, pp. 125-163; 20 avril 1912, pp. 511-539; t. XXII, 20 juillet 1912, pp. 109-146.

(2) Z. phys. chem., 2, 102.

(3) Z. anorg. chem., 9, 283.

(4) C. R., 120, 581 et 660; 124, 113.

(5) C. R., 121, 798.

(6) Proc. roy. soc., 60, 449.

(7) C. R., 121, 294.

à la vapeur de magnésium sous l'influence prolongée de l'effluve. Moissan (1) n'a réussi à le combiner ni au titane, ni au bore, ni au lithium ni au fluor. Cependant Villard (2) en a obtenu un hydrate en le comprimant à 150 atmosphères en présence d'eau. Cook (3) a déterminé la densité de vapeur du zinc dans une atmosphère d'argon et il l'a trouvée de 12 % plus élevée que dans une atmosphère d'azote. Il en conclut que le zinc et l'argon présentent une grande tendance à se combiner. La même tendance existe entre le cadmium et l'hélium, le mercure et l'argon, le mercure et l'hélium.

Fischer et Schröter (4) ont procédé à des recherches sur l'affinité de l'argon liquide ; faisant éclater l'arc électrique entre des électrodes de 45 métaux différents, en présence d'argon liquide, ils n'ont, dans aucun cas, constaté de combinaison.

Groupe I

Le groupe I de la classification de Mendeléeff renferme l'hydrogène, les métaux alcalins, le cuivre, l'argent et l'or. Il y a peu de choses à dire sur la valence de l'hydrogène, ce corps a servi d'étalon pour la détermination de la valence des autres éléments.

Il y a cependant un cas où on a proposé la bivalence de l'hydrogène. Troost et Hautefeuille (5), à la suite de leurs études sur la tension de dissociation de l'hydrure de palladium, avaient admis l'existence de la combinaison définie Pd_2H où l'hydrogène devait fonctionner comme élément bivalent

Hoitsema (6) au contraire a montré que dans le système palladium-hydrogène on pouvait, à partir d'une certaine concentration en hydrogène, avoir deux solutions solides de teneur différente, de telle sorte que le système devient univariant; cela explique la tension invariable de l'hydrogène, critère sur lequel s'étaient basés Troost et Hautefeuille, pour admettre la formation de l'hydrure défini Pd_2H —.

Mais la valence de l'hydrogène peut-elle se diviser, c'est-à-dire coopérer à la saturation de deux atomes différents? Comme nous l'avons déjà vu plus haut, Durham (7) et Schutzenberger (8) ont émis cette idée ; ils sont partisans de la théorie de la valence fractionnée.

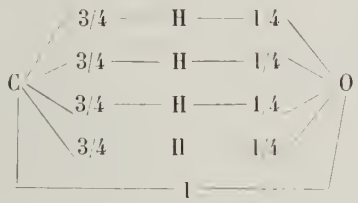
(1) C. R., 120, 966.
(2) C. R., 123, 377.
(3) C. R., Zeit. phys. chem., 55, 537.
(4) Ber., 34, 1442.
(5) Ann. chem. et phys., (5), 2, 279.
(6) Arch. néerl. des sciences exactes et natur., XXX, 44.
(7) Soc. roy. d'Edimbourg, juin 1881.
(8) Chimie générale, Paris 1894, I, VII.

Plus récemment Oddo (1) a développé une série de considérations concernant l'application à l'hydrogène, de la théorie des valences fractionnées ; cette théorie permet de prévoir l'existence de plusieurs séries de dérivés de constitution différente, d'une seule et même substance primitive.

Kauffman (2) est également partisan de cette théorie et sa conception des auxochromes est en partie basée sur cette manière de voir; il croit même pouvoir déterminer par des mesures magnéto-optiques le rapport des valences partielles.

K. Auwers (3) s'élève contre ces théories, il trouve notamment dans les phénomènes d'isomérisation un argument de réfutation contre celles-ci.

Ce sont là évidemment de pures spéculations sans base expérimentale et qui ont le grand désavantage de donner une explication très compliquée des faits les plus simples : les formules de Oddo sont très complexes, mais pour le prouver il suffit de reproduire la formule que Schutzenberger (4) propose pour l'alcool méthylique :



Rappelons pour finir que d'après la théorie de Werner (5) l'hydrogène peut, comme les métaux, mettre en action une ou plusieurs valences secondaires.

On explique de cette façon la formation des hydrates d'acide et, comme nous l'avons vu précédemment, l'ensemble des composés oxoniques et ammoniacaux.

Les métaux alcalins forment une véritable famille naturelle ; ils sont tous monovalents, du moins dans la grande majorité des composés qu'ils forment, et leur monovalence semble avoir reçu une confirmation nouvelle lors de la préparation de leurs hydrures normaux.

Il y a cependant quelques exceptions qui semblent montrer que cette monovalence n'est pas une règle absolue. — Parmi les hydrures du potassium il semble que l'on ait isolé K_4H_2 qui doit renfermer un noyau tétraatomique bivalent.

(1) Gazz. chim., 36, II.
(2) Arensche sammlg, 12, 96.
(3) Ber., 41, 403.
(4) *Chimie générale*, VII.
(5) Werner, *Neuere Anschauungen...*, p. 202.

Rengade (1) a étudié récemment, au moyen de l'analyse thermique, les sous oxydes du Coesium. Dans l'étude du système Cs — Cs_2O, il est arrivé à mettre en évidence l'existence de quatre sous-oxydes, dont la composition est exprimée par les formules : Cs_7O, Cs_4O, Cs_7O_2, Cs_3O. Geuther (2) admet la tri- et la pentavalence des métaux alcalins à la suite de ses travaux sur les polysulfures et Wanklyn (3) propose pour les alcalis caustiques, la formule générale $M \begin{matrix} O \\ H. \end{matrix}$

On a également cherché des arguments en faveur de la plurivalence de ces métaux dans l'existence de leurs dérivés plurihalogénés ; cette hypothèse est exclue par l'ensemble des propriétés physiques et chimiques de ces corps, dont la constitution s'explique fort bien par la plurivalence des halogènes. Abegg et Hamburger (4) notamment ont obtenu pour le Coesium la série d'iodures que voici :

$$CsI,\ CsI_3,\ CsI_5 \text{ et } CsI_9.$$

Divers sels halogénés des métaux alcalins montrent une grande tendance à la polymérisation dans l'alcool éthylique, l'alcool propylique normal et dans l'alcool amylique : ils forment une molécule double, dans l'acide acétique (5).

Traube (6) admet que le chlorure de sodium constitue, en solution, une molécule double.

Nernst (7) d'autre part, a déterminé dans un appareil spécial la densité de vapeur de plusieurs sels halo-

(1) Bull. Soc. chim. (5) 994.
(2) Jenaïsche Zeitschr. (2) 6, 1 Suppl., 119.
(3) Ber., 2, 64.
(4) Zeit. f. anorg. chem., 50, 403.
(5) Werner, *Neuere Anschauungen*, p. 92.
(6) Cfr. *Hinrichsen : Stand der Valenzlehre*, p. 54.
(7) Götting. Nachrichten, 1903, 75.

génés de métaux alcalins, pour tous elle correspondait à la formule monomoléculaire.

L'étude de la valence des métaux alcalins comporte encore une question importante : celle de l'existence des sous-chlorures.

Dans l'électrolyse des chlorures fondus on a admis, à l'origine, la formation de ces composés (1) en vue d'expliquer les perturbations dans les rendements de courants.

C'est ainsi que après Davy, Bunsen et Kirchoff (2) expliquent les pertes de courant, dans l'électrolyse des chlorures de Rubidium et de Coesium, par la formation de sous-chlorures.

Rose (3) prétend avoir obtenu des chlorures de potassium et de sodium qui ne renferment plus que la moitié du chlore normal, en fondant ces métaux avec leur chlorure, dans un courant d'hydrogène.

Récemment cependant Stockem (4) reprenant l'étude de l'action du sodium sur son chlorure fondu a montré qu'il ne pouvait y avoir formation de sous-chlorure, le chorure fondu dissolvant à peine la dixième partie du poids de sodium nécessaire à la formation du sous-chlorure.

Les perturbations dans les rendements de courant peuvent d'ailleurs s'expliquer, comme l'a montré Lorenz (5), par la solubilité des métaux dans les sels fondus et par la formation des nuages métalliques.

Il est donc fort probable que les sous-chlorures de potassium, de rubidium et de coesium n'existent pas ; il n'en est pas de même du sous-chlorure de lithium dont l'existence est admise à la suite des travaux de Guntz (6).

Dans l'électrolyse du chlorure de lithium fondu un sous-chlorure vient se déposer au pole négatif ; il augmente la résistance du bain et lorsqu'il diffuse vers le pôle positif il s'y combine au chlore avec explosion. Ce sous-chlorure prend également naissance aux dépens du carbure ; lorsqu'on fond celui-ci avec le chlorure, il se forme du sous-chlorure, du chlorure et du carbone. A haute température le sous-chlorure est décomposé en chlorure et en métal ; en présence de carbone le carbure se reforme. Cette réaction est donc réversible dans ces conditions. Aussi longtemps que la grandeur moléculaire du sous-chlorure de lithium nous sera inconnue, nous ne pourrons de l'existence

(1) Cette question est complètement exposée par Lorenz dans son traité *Elektrolyse geschmolzener salze*, II, p. 56.
(2) Pogg, Ann. d. Physik, 113, 364.
(3) Pogg, Ann. d. Physik, 120, 1.
(4) Metallurgie, 1, 20.
(5) *Loco citato*, II, pp. 32 à 47.
(6) C. R., 117, 732 et 126, 1866.

de ce sel déduire de conclusion, au sujet de la valence du métal. Si la molécule en était double, sa constitution s'expliquerait aisément par la tri-valence du chlore :

$$Li_2 = Cl - Cl = Li_2.$$

Les trois métaux suivants rangés par Mendeléeff dans la première série verticale présentent-ils de véritables analogies avec les métaux alcalins ?

L'Argent, quoique monovalent dans la plupart de ses combinaisons, ne paraît cependant pas devoir être rangé parmi les métaux alcalins : il ne décompose pas l'eau et son hydrate n'a pas un caractère basique assez prononcé ; la chaleur de formation de son chlorure est également très faible et il semble que la seule raison pour laquelle il ait été rangé dans ce groupe, soit l'isomorphisme de quelques-uns de ses sels avec ceux des métaux alcalins.

Les mêmes remarques peuvent se faire pour le Cuivre et surtout pour l'Or dont l'affinité n'est pas à comparer à celle des métaux alcalins.

Le cuivre forme deux séries de composés : dans les composés cuivriques, l'atome de cuivre est bivalent, dans les composés cuivreux on admet en général l'existence d'un groupe dicuivrique bivalent, ce qui est d'accord avec la densité de vapeur du chlorure cuivreux prise aux environs de 1700° par Biltz et V. Meyer (1) et qui correspond à la formule Cu_2Cl_2.

Un fait curieux c'est que la détermination du poids moléculaire effectuée par Werner (2), par cryoscopie dans différents dissolvants organiques, a donné des résultats correspondant à la formule simple CuCl. Les chiffres obtenus pour le chlorure et le bromure cuivreux dans la pyridine, dans le sulfure de méthyle et dans le sulfure d'éthyle correspondent aux formules simples Cu Cl et Cu Br. La cryoscopie du cyanure dans la pyridine a donné cependant des résultats qui correspondent à la formule $Cu_2 (CN)_2$.

Pour le chlorure on aurait pu arguer de sa dissociation en $(Cu_2 Cl)$ et Cl, mais la conductivité électrique de la solution est si faible que s'il y a dissociation, celle-ci ne peut avoir aucune influence sur la détermination du poids moléculaire.

Rügheimer et Rudolphi (3) arrivent au même résultat en se servant comme dissolvant cryoscopique du bismuth fondu.

(1) Ber., 22, 725.
(2) Z. anorg. chem., 15, 1.
(3) Ann., 339, 311.

Il existe une série de composés qui semblent formés par un groupement tétracuivrique bivalent, tels sont le sous-oxyde Cu_4O et le cuivre nitré $Cu_4(NO_2)2$. Il est probable que le cuivre y est bivalent.

La série des oxydes est intéressante à signaler ; on aurait les composés :

$$Cu_4O,\ Cu_3O,\ Cu_2O,\ CuO,\ Cu_2O_3,\ CuO_2,\ H_2O.$$

L'oxyde Cu_3O de Bailey et Hopkins (1) proviendrait de la calcination de l'oxyde de cuivre à 1500° à 2000° ; en l'absence de gaz réducteurs.

L'oxyde Cu_2O_3 peut se préparer (Osborn) (2) en traitant une solution de nitrate de cuivre par du chlorure de chaux et de l'eau de chaux.

Le peroxyde de cuivre se produit dans l'action de l'eau oxygénée sur l'hydrate cuivrique : à l'état sec il présente une grande stabilité ; on peut le chauffer sans décomposition jusqu'aux environs de 170° (3). A l'état humide il se décompose en oxyde de cuivre et oxygène. On peut donc admettre que le cuivre y est bivalent et lui assigner la formule $[Cu = O = O]H_2O$.

L'existence de l'oxyde de Cu_5O_3 de Maumené (4) est mise en doute par Debray et Joannis (5).

L'argent en raison de ses combinaisons halogénées est généralement considéré comme monovalent : il est cependant très intéressant de constater que, dans les dissolvants organiques, ses composés halogénés présentent une grande tendance à l'association et qu'ils ne peuvent y être représentés par les formules simples AgCl, AgBr.., etc. Voici les chiffres fournis par la cryoscopie dans la pipéridine ; (6).

	P. M.	P. M.	P. M.
	Ag.CL = 143	Ag.Br = 187	Ag.I = 234
	$(Ag.Cl)_2$ = 286	$(Ag.Br)_2$ = 374	$(Ag.I)_2$ = 468
	$(Ag.Cl)_3$ = 429	$(Ag.Br)_3$ = 561	$(Ag.I)_3$ = 702
P. M. Trouvé :	328 — 360	438 — 442	462 — 480

L'iodure a donc nettement la constitution Ag_2I_2 pour des concentrations variant de 1 à 3 %. Le bromure est constitué de 2/3 $(Ag.Br)_2$ et 1/3 $(Ag.Br)_3$; le chlorure de même.

L'argent forme de plus un sous-oxyde et un sous-sulfure : Ag_4O, Ag_4S dans lesquels il est fort probable que l'on a affaire à de l'argent bivalent. L'existence d'autres combinaisons argenteuses, notamment du chlorure argenteux, est encore problématique.

Les sels d'argent étant isomorphes aux sels cuivreux et présentant une grande analogie avec les composés mercureux, il est logique d'admettre que l'argent peut également se montrer bivalent.

(1) J. CHEM. SOC., 57, 269.
(2) AMER. JOURN. (3), 32, 333.
(3) BER., 17, 2593.
(4) C. R., 99, 757.
(5) C. R., 99, 583 et 688.
(6) Werner, Z. ANORG. CHEM., 15, 1.

L'or forme aussi des combinaisons à différents étages de saturation : les composés monovalents sont en général les plus stables, mais il existe un grand nombre de composés trivalents et ceux-ci ont une tendance marquée à la formation de sels complexes, dans lesquels l'or semble fonctionner comme élément pentavalent ; il en est ainsi dans les acides chloro-, bromo- ou iodo-auriques et leurs sels : $HAuX_4$ et $RAuX_4$.

Werner leur attribue les formules que voici :

$$\left[\begin{matrix} Cl \\ ClAuCl \\ Cl \end{matrix}\right]R \qquad \left[\begin{matrix} Cl \\ ClAuCl \\ Cl \end{matrix}\right]H$$

La trivalence de l'or est bien mise en évidence dans les composés auro-organiques de Pope et Gibson (1) :

$$(C_2H_5)_2 = Au - Br \quad \text{et} \quad C_2H_5 - Au = Br_2.$$

Groupe II

La valence du Glucinium ou Beryllium a fait l'objet de multiples discussions ; c'est un des cas où le système périodique a servi de guide pour la détermination du poids atomique et conséquemment pour celle de la valence.

En raison de ses analogies avec l'aluminium, Berzelius considérait le Glucinium comme trivalent et donnait à son oxyde la formule Gl_2O_3. La trivalence semblait être confirmée par les premières déterminations de sa chaleur spécifique : Nilson et Pettersson (2) obtinrent la valeur 0,408, ce qui rangeait le Glucinium avec un poids atomique de 13,8 dans le groupe de l'aluminium. Brauner (3) fait remarquer que les seules déterminations effectuées entre 0 et 100° ne suffisent pas pour trancher la question : plusieurs éléments à poids atomique faible, le bore, le silicium, le magnésium, etc. ont en effet à basse température une chaleur atomique plus faible que ne le demande la loi de Dulong et Petit, et se conforment à cette loi à une température plus élevée. Il fallait donc reprendre ces expériences dans de plus grandes limites de température. Ce fut fait par Nilson et Pettersson (4) et plus tard par Humpidge (5) qui, conformément aux prévisions de Brauner, trouva que la chaleur spécifique augmente rapidement avec la température jusqu'aux environs de 400° ; elle prend une valeur constante de 0,62 entre 400 et 500°. Avec le poids atomique 9 le Glucinium suit donc la loi de Dulong et Petit et il prend dans le système périodique la place normale que lui avaient assignée Mendeléeff et L. Meyer

(1) Trans. chem. soc., 91, 2061.
(2) Ber., 11, 381.
(3) Ber., 11, 872.
(4) Ber., 13, 1451.
(5) Ch. News, 51, 121.

avec la valence deux. Humpidge complète ses expériences par les densités de vapeur du chlorure et du bromure qui correspondent incontestablement aux formules GlG_2 et $GlBr_2$.

Nilson et Pettersson (1) arrivent à la même époque à un résultat identique.

Combes (2) plus récemment montrant que l'acétyl-acétonate répond à la formule $Gl(C_5H_7O_2)_2$, apporte également une preuve en faveur de la bi-valence du Glucinium.

L'opinion de Berzelius a pourtant été reprise bien des fois encore. Wyrouboff (3) voit un argument en faveur de la trivalence dans l'isomorphisme des silico-tungstates de Glucinium et d'Aluminium. Lebeau (4) conclut à la trivalence en raison des propriétés du carbure qui, sous l'action de l'eau, se comporte comme le carbure d'aluminium et fournit exclusivement du méthane, propriété que ne possède aucun carbure de métal divalent : il faudrait donc lui attribuer le poids atomique 13.8 et exprimer la composition du carbure par la formule Gl_4C_3, analogue à Al_4C_3. L. Henry (5) montre qu'avec le Glucinium bivalent la formule devient Gl_2C et conduit normalement à la formation de méthane, sous l'action de l'eau.

Un travail récent de Galiké (6) vient d'ailleurs de confirmer la bivalence du Glucinium. Cet auteur établit que les sels de Glucinium possèdent la même action floculante que les sels de Baryum, de Calcium et de Magnésium et en déduit que le Glucinium est bivalent.

Il n'est pas inutile de faire remarquer encore que Hartley (7) en 1883 admettait, en se basant sur des déterminations spectroscopiques, que le Glucinium devait être rangé dans la seconde colonne du système de Mendeléeff.

Les métaux alcalino-terreux, Calcium, Strontium et Baryum auxquels à la suite des recherches de Mr et Mme Curie il faut ajouter le Radium, fonctionnent presque toujours comme éléments bivalents.

Par l'électrolyse des sels fondus de ces métaux on est arrivé à produire des composés d'étage d'oxydation inférieur.

Borchers et Stockem (8) ont obtenu par l'électrolyse du chlorure calcique un protochlorure de la forme (CaCl)x. Il en est de même pour le strontium.

Stockem (9) étudiant l'action du calcium sur son chlorure a trouvé qu'il s'y dissout facilement, au-dessus de son point de fusion, avec formation de protochlorure.

(1) C. R., 98, 988.
(2) C. R., 119, 1222.
(3) Bull. Soc. Min., 25, 71.
(4) C. R., 121, 496.
(5) C. R., 121, 600.
(6) Zeit. f. Elektroch, 14, 767.
(7) Journ. Chem. Soc., 41, 84 et 43, 316.
(8) Zeit. f. Elektroch, 8, 757. Voir aussi Ruff et Plato, Ber., 35, 3612.
(9) Zeit. f. Angew. chem., 17, 341.

Guntz (1) a obtenu le sel double NaCl . BaCl par l'action du sodium sur le chlorure de baryum ; d'une façon analogue il a préparé :

$$BaF . NaF, \quad BaBr . NaBr, \quad BaI . NaI$$

Ce sont là des composés fort intéressants, mais qui ne nous renseignent en aucune façon sur la valence de ces métaux, leur grandeur moléculaire nous étant inconnue.

Les autres métaux de ce groupe sont le Magnésium, le Zinc, le Cadmium et le Mercure.

Le magnésium est également bivalent ; il a cependant une grande tendance à former des sels doubles, surtout avec les composés ammoniacaux. La constitution de ces sels doubles s'explique bien si l'on admet avec Werner que le magnésium peut mettre en action, une ou plusieurs valences secondaires.

Dans ses composés organiques cet élément se montre exclusivement bivalent : $Mg.(C_2H_5)_2$ et $Mg.(C_6H_5)_2$; les réactifs de Grignard, quoiqu'étant des composés plus complexes que de simples produits d'addition d'éthers haloïdes au magnésium, confirment cependant sa bivalence.

Le zinc est en général bi-valent : il l'est dans toutes les combinaisons organo-zinciques.

Kahan (2) admet cependant, en se basant sur la réaction :

$$Zn + 2IC_2H_5 = ZnI_2 + (C_2H_5)_2$$

qui se produit à une température assez élevée, la formation intermédiaire de

$$\begin{matrix} I \\ I \end{matrix}\!\!>\!Zn\!<\!\!\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix}$$

composé dans lequel le zinc posséderait deux valences ordinaires et deux valences secondaires.

On expliquerait difficilement la constitution du composé phosphoré PZn de Renault (3) et des composés arséniés $AsZn^2$ et AsZn de Vogel (4), si leur grandeur moléculaire répondait réellement à ces formules.

(1) C. R., 136, 749.
(2) Trans. chem. Soc., 93, 138.
(3) Ann. ch. et phys., (4) 9, 162.
(4) Journ. prat. chem., 6, 345, 1835.

Le Cadmium fonctionne également dans la grande majorité des cas comme élément bivalent.

La série des oxydes est cependant intéressante à signaler :

$$Cd_4O \quad Cd_3O \quad Cd_2O \quad CdO \quad \text{et} \quad CdO_2$$

Leur constitution s'explique fort bien en admettant des noyaux métalliques pluri-atomiques; le peroxyde aurait la constitution $Cd\left\langle\begin{matrix}O\\|\\O\end{matrix}\right.$ ou $Cd = O = O$.

Le mercure est bivalent, mais il se rapproche beaucoup du cuivre et forme, comme celui-ci, deux séries de combinaisons : les sels mercureux et mercuriques. En raison de ce fait et en raison de sa manière de se comporter vis-à-vis de l'ammoniaque, il a une physionomie assez différente de celle des autres métaux de ce groupe : l'hydrogène de l'ammoniaque peut être partiellement ou totalement remplacé par le mercure, il y a ainsi formation de sels d'amidure.

Le calomel est fort intéressant : la première densité de vapeur en a été prise par Mitscherlich (1), les valeurs obtenues correspondent à HgCl, formule confirmée plus tard par Deville et Troost (2) ; mais une lamelle d'or placée dans la vapeur de calomel s'amalgame, ce qui prouve qu'il y a eu décomposition par la volatilisation. Ce fait a été découvert par Odling (3) et confirmé par différents expérimentateurs.

Dans la volatilisation on a donc le phénomène suivant :

$$\begin{matrix}Hg.Cl\\Hg.Cl\end{matrix} = Hg. + Hg.\left\langle\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right.$$

Baker (4) a démontré que si le calomel est parfaitement sec, on peut le volatiliser sans décomposition et que la densité de sa vapeur correspond alors à la formule $(Hg.Cl)_2$.

Les composés organiques, mercure-diéthyle et mercure-diphényle, prouvent également sa bivalence.

(1) Pogg. Ann., 29, 139.
(2) C. R., 45, 821.
(3) Journ. chem. soc., 3, 211.
(4) Trans. chem. soc., 77, 646.

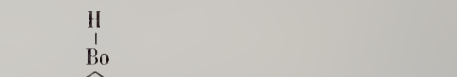
Groupe III

Le Bore fonctionne généralement comme élément trivalent, mais Frankland (1) et Copau (2) ont obtenu des composés dans lesquels cet élément apparaît comme pentavalent.

Parmi ceux-ci il faut citer l'acide fluoborique $HBoF_4$ et l'oxychlorure $BoOCl_3$.

Les composés organiques $Bo(CH_3)_3$ et $Bo(C_2H_5)_3$ (3) démontrent sa trivalence. Mais ces composés s'ajoutent facilement à l'ammoniaque pour donner par exemple : $Bo(CH_3)_3NH_3$ où le Bore est certainement pentavalent.

Les hydrures de Bore sont très intéressants : l'hydrure gazeux BoH_3 a été décrit par Jones (4). D'autre part, Ramsay et Hatfield (5) par cristallisation de l'hydrure normal dans l'air liquide, ont obtenu un hydrure condensé Bo_3H_3 qui parait exister sous deux variétés, l'une stable, l'autre non saturée, auxquelles on peut donner les formules cyclique et rectiligne :



qui les rapprochent du triméthylène et du propylène.

Le Bore fait apparemment exception à la loi de Dulong et Petit, puisque sa chaleur atomique, à la température ordinaire du moins, n'est que d'environ 2.6.

Weber (6) a étudié sa variation avec la température et il a trouvé qu'à 233° elle atteignait déjà 4.03. Moissan et Gauthier (7), extrapolant les résultats de leurs expériences, ont trouvé que la valeur 6.4 devait être atteinte déjà aux environs de 400°.

On a longtemps admis que l'Aluminium n'entrait en combinaison que par le groupe Al_2 hexavalent.

Friedel et Crafts (8) ont montré qu'entre 218° et 400° la molécule du chlorure d'aluminium est Al_2Cl_6 mais qu'elle se scinde à une température plus élevée en molécules simples $AlCl_3$; Nilson et Pettersson (9) ont repris ces

(1) Proc. Roy. Soc., 25, 164.
(2) C. R., 127, 719.
(3) Frankland, Ann. chem., 124, 129 ; Phil. trans., 152, 167.
(4) Journ. chem. soc., 35, 41.
(5) Proc. chem. soc., 17, 152.
(6) Pogg. Ann., 154, 367 et 553.
(7) Ann. chim. phys. [VII], 7, 568.
(8) C. R., 106, 1764.
(9) Ann. chim. phys., (6) 19, 145.

recherches et effectué une série de déterminations entre 200° et 400° (méthode de Dumas) et entre 440 et 1660° (méthode de Dulong). Ils ont trouvé qu'entre 800 et 1000° le chlorure d'aluminium a une densité constante qui correspond à la formule $AlCl_3$ et qu'au delà de 1000° il se décompose.

D'après leur densité de vapeur, Louise et Roux (1) attribuent aux dérivés organiques méthylés et éthylés les formules $Al_2(CH_3)_6$ et $Al_2(C_2H_5)_6$; la cryoscopie leur donne également des résultats qui militent en faveur des formules du type Al_2X_6 (2). Mais l'interprétation de ces résultats a été mise en doute par V. Meyer (3) et par Ostwald (4).

Combes (5) à la suite de ses études sur l'acétyl acétonate d'aluminium conclut à la trivalence.

Faut-il attribuer à ce métal une valence plus élevée que trois ?

Hinrichsen (6) l'affirme et prétend qu'il est au moins tétravalent, peut-être même pentavalent : puisque la molécule Al_2Cl_6 peut exister à l'état de vapeur, il faut admettre l'existence du groupement $\equiv Al - Al \equiv$ ou plus probablement, d'après les analogies qu'il présente avec le Bore, $\equiv Al = Al \equiv$.

Pour Friend (7) au contraire, c'est l'halogène plurivalent qui est la vraie cause de l'association dans le chlorure d'aluminium ; il faut donc lui attribuer la formule :

$$\begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix}\!\!>\!Al - Cl = Cl - Al\!<\!\!\begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix}.$$

Il semble bien cependant que dans les conditions habituelles l'aluminium soit tétravalent, mais qu'à haute température il fonctionne avec une valence moindre. Friedel (8) met en relief les décompositions successives que subit le chlorure d'aluminium, sous l'influence de la

(1) C. R., 106, 73 et 602.
(2) C. R., 107, 600.
(3) Ber., 21, 701.
(4) Zeit. f. phys. chem., 3, 47.
(5) C. R., 108, 405.
(6) *Gegenw. stand der Valenzl.*, p. 59.
(7) *Theory of Valency*, p. 71.
(8) Ann. chem. phys., (6), 19, 171.

chaleur, décompositions qui montrent à l'évidence que la valence est fonction de la température, comme le veut la théorie de Van 't Hoff.

Ludwig (1) en comprimant, dans certaines conditions, l'aluminium en présence d'eau a obtenu le monoxyde AlO.

La découverte du Gallium faite en 1875 par Lecoq de Boisbaudran (2) contribua pour une bonne part à donner au système périodique la célébrité dont il jouit : quatre ans auparavant Mendeléeff avait en effet prévu sous le nom d'eka-aluminium l'existence de cet élément et décrit toutes ses propriétés avec une exactitude parfaite.

On connaît deux états d'oxydation du Gallium, le protoxyde et le sesquioxyde ; on connaît aussi deux chlorures, la densité de vapeur du protochlorure aux environs de 1000° correspond à la formule $GaCl_2$ (3), la densité du sesqui-chlorure varie avec la température comme l'indique le tableau suivant (4) :

12.2	à	237-273°
10.6	à	307°
7.8	à	440°

Les valeurs finales correspondent à la formule $GaCl_3$, les valeurs initiales ainsi que les valeurs obtenues par Lecoq de Boisbaudran (5) correspondent à la formule Ga_2Cl_6. Le Gallium peut donc fonctionner soit comme élément bivalent, soit comme élément tri- ou tétravalent.

L'Indium a été découvert en 1863 par Reich et Richter (6). Ce métal est trivalent, mais à l'origine on avait admis sa bivalence, en raison de ses analogies avec le Zinc et le Cadmium et on attribuait à son oxyde et à son chlorure, les formules InO et $InCl_2$.

A la suite de la plupart des déterminations, on avait pris pour son équivalent la valeur 38, de sorte que son poids atomique aurait été 76. Dans le système

(1) Amer. chem. soc., 31, 1130.
(2) C. R., 81, 493.
(3) C. R., 107, 527.
(4) Friedel et Crafts, C. R., 107, 306.
(5) C. R., 93, 294 et 329.
(6) Journ. f. prakt. chem., 89, 441.

périodique il aurait donc dû être placé entre l'arsenic et le sélénium, mais il ne s'en rapproche en aucune façon, de plus il n'y a guère de place. Bunsen ayant mesuré sa chaleur spécifique trouva 0,057 ; d'après la loi de Dulong et Petit, le poids atomique doit donc être 112. Cette valeur admise par Mendeléeff et L. Meyer a été récemment confirmée, par Chabrié et Rengade (1). Ces auteurs ont montré de plus que l'indium se rapprochait des métaux à sesquioxyde, surtout de l'aluminium; en préparant les aluns d'Indium, Coesium et de Rubidium, ils les ont trouvés isomorphes aux aluns ordinaires de ces métaux. Ils ont également déterminé le poids moléculaire de l'acétyl-acétonate par cryoscopie dans le bromure d'éthyle : il correspond à la formule (2) :

$$((CH_3CO)_2 = CH_3)_3In.$$

L'Indium forme cependant la série des chlorures InCl, $InCl_2$, $InCl_3$: les deux premiers sont instables et rien qu'au contact de l'eau, ils se transforment en trichlorure et indium métallique.

La densité de vapeur du trichlorure correspond bien à la formule $InCl_3$ (3) : celles du bichlorure et du monochlorure respectivement aux formules $InCl_2$ et InCl (4).

Le Thallium est un élément à valence impaire comme l'or. Il est monovalent dans les sels thalleux et trivalent dans les sels thalliques.

Les composés organiques prouvent sa trivalence : on connaît par exemple le chlorure et l'hydroxyde de diéthyl-thallium. D'après Denham (5) il existerait des composés pouvant fournir en solution des ions sous-valents Tl_2^+.

Maitland et Abegg (6) attirent l'attention sur le composé tri-iodé où par un phénomène de tautomérisation, le thallium pourrait réagir en solution soit comme ion monovalent avec le complexe I_3, soit comme ion trivalent.

Groupe IV

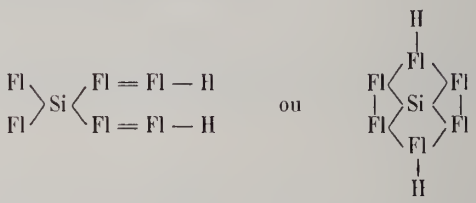
La valence du Carbone a été longuement discutée dans un chapitre précédent ; nous n'y reviendrons plus ici.

Le Silicium se montre tétravalent dans la plupart de ses combinaisons ; il en est ainsi notamment pour tous ses composés organiques, dont la liste s'est consi-

(1) C. R., 131, 1300.
(2) C. R., 132, 472.
(3) V. et C. Meyer, Ber., 12, 612 ; Beltz, Ber., 21, 2766.
(4) Nilson et Pettersson, C. R., 107, 500 et Ber., 21, 691.
(5) Trans. chem. soc., 93, 835.
(6) Zeit. anorg. chem., 49, 341.

dérablement accrue, dans ces dernières années. Le silicium présente donc de grandes analogies avec le carbone ; celles-ci se sont développées encore, du chef de la découverte faite par Kepping (1), de dérivés optiquement actifs. Notons cependant qu'il ne possède pas, au même degré que le carbone, la faculté de se combiner à lui-même, dans ses composés organiques.

Les combinaisons halogénées du silicium ont une grande tendance à s'ajouter aux hydracides et à certains sels halogénés : les dérivés du type M_2SiX_6 sont bien connus. Le silicium semble donc posséder une valence supérieure à quatre ; nous disons *semble*, car en se basant sur la plurivalence des halogènes on peut imaginer plusieurs dispositions moléculaires de ces combinaisons, dans lesquelles le silicium est tétravalent. Friend (2) propose pour l'acide hydrofluosilicique les formules :



Le Titane se classe parmi les éléments tétravalents ; il forme des composés TiH_4, TiF_4, $TiCl_4$, TiO_2, etc. Comme le Carbone et le Silicium il fournit, par enchaînement atomique, des combinaisons du type Ti_2X_6.

Il n'est cependant pas exclusivement tétravalent, car il forme un bi-chlorure $TiCl_2$ ou Ti_2Cl_4 et un protoxyde TiO. Il semble d'autre part pouvoir jouer le rôle d'élément hexavalent, puisqu'il fournit un oxyde TiO_3 et un hexa-acétate assez stable, du moins à basse température (3), un oxychlorure TiO_2Cl_2 et les oxyfluorures $TiOFl_2$ et TiO_2Fl_2.

Mendeléeff avait réservé dans sa classification une place pour un nouvel élément, l'Eka-silicium. Richter et L. Meyer (4) montrèrent que le Germanium décou-

(1) Trans. chem. Soc., 93, 457.
(2) *Theory of Valency*, p. 74.
(3) Faber, Zeit. f. anal. chem., 1907, *46*, 2771.
(4) Lettres à Winckler, 25/26 et 27, février 1886.

vert en 1886 par Winckler possède toutes les propriétés de l'éka-silicium.

Comme le silicium cet élément est tétravalent dans la plupart de ses combinaisons : il forme des composés organiques du type $Ge(C_2H_5)_4$. Son chlorure a une densité de vapeur qui correspond à la formule $GeCl_4$ (1). Il forme, toujours comme le silicium, des composés fluorhydriques du type M_2GeFl_6 dans lesquels il fonctionne comme élément tétravalent, du moins si on admet pour ces composés des formules analogues à celles proposées pour les dérivés fluorhydriques du silicium.

L'élément suivant, le Zirconium est également tétravalent, dans la plupart de ses combinaisons : il forme cependant un protoxyde ZrO ; mais c'est une molécule ouverte, le zirconyle, fonctionnant comme radical bivalent. Il forme deux carbures ZrC_2 et ZrC et un trioxyde où il est visiblement hexavalent.

L'Etain est bi- et tétravalent ; ces derniers composés sont les plus stables : l'analogie de l'étain avec le carbone s'est trouvée fort accentuée lors de la découverte par Pope et Peachy (2) de dérivés organiques optiquement actifs, où l'activité optique ne peut être due qu'à l'existence d'un atome d'étain asymétrique.

Morgunoff (3) a démontré au moyen des combinaisons organiques que chaque paire de valence est égale à l'autre. Partant de $Sn\begin{cases}(CH_3)_2\\ I_2,\end{cases}$ il obtint au moyen du zinc-diéthyle $Sn\begin{cases}(CH_3)_2\\ (C_2H_5)_2\end{cases}$; partant de même de $Sn\begin{cases}(C_2H_5)_2\\ I_2\end{cases}$ il obtint au moyen du zinc-diméthyle $Sn\begin{cases}(C_2H_5)_2\\ (CH_3)_2\end{cases}$ identique au premier.

L'étain triéthyl, $Sn_2(C_2H_5)_6$ est intéressant (Ladenburg) ; c'est une des seules combinaisons métallo-organiques qui forment une chaine.

L'ébullioscopie dans l'éther (Rugheimer) (4) conduit à lui attribuer la formule $Sn(C_2H_5)_3$; ce composé a cependant une grande tendance à l'association et dans une solution à 0,75 %, il y a déjà autant de molécules $Sn_2(C_2H_5)_6$ que de molécules $Sn(C_2H_5)_3$.

(1) Nilson et Pettersson, Zeit. phys. chem., *1*, 27.
(2) Proc. chem. Soc., 16, 42, 116.
(3) Ann. chem., 144, 157.
(4) Ann. chem., 364, 51.

Le Plomb est parmi les éléments de ce groupe celui où la tendance à former des combinaisons de l'état bivalent est le plus marquée : la plupart de ses combinaisons sont de ce type, ses sels sont d'ailleurs isomorphes à ceux des alcalino-terreux.

C'est en se basant en partie sur ce fait que Retgers (1) a cherché à donner au système périodique une forme nouvelle.

Parmi les composés tétravalents, il faut citer le tétrachlorure, le tétra-acétate et le tétra-propionate préparés par Hutchinson et Pollard (2). Il forme aussi les phombites et les plombates où on peut le considérer comme tétravalent.

Les composés organiques du plomb sont presque tous de l'étage tétravalent : s'il est vrai que l'on connaît des dérivés du plomb bivalent, par exemple $Pb(OC_2H_5)_2$ (3), la plupart cependant dérivent du plomb tétravalent, et fait plus curieux, ils se produisent même aux dépens des composés inorganiques bivalents, comme le montre par exemple la réaction employée par Michaelis et Polis (4) et Pfeiffer et Truskier (5) pour préparer le plomb tétraphényle.

$$2PbCl_2 + 4C_6H_5MgBr. = Pb + Pb(C_6H_5)_4 + 2MgCl_2 + MgBr2$$

Le plomb semble également pouvoir fonctionner comme élément monovalent : Brislée a mesuré la vitesse de réduction de l'oxyde de plomb par l'oxyde de carbone, en le chauffant à 300° dans un appareil où ce gaz circule et en le pesant à des intervalles déterminés. En portant en ordonnées le poids, en abscisses le temps qu'a duré la réduction, on constate une inflexion très marquée au point qui correspond à la composition du sous-oxyde, c'est-à-dire que la vitesse de réduction du PbO en Pb_2O est différente de celle de Pb_2O en Pb.

Il a obtenu les mêmes résultats pour CdO qui forme Cd_2O et Bi_2O_3 qui donne BiO.

L'existence d'ions monovalents du plomb a également été mise en évidence par Denham et Allmand (6) en déterminant le degré d'hydrolyse des sels de plomb au moyen de l'électrode hydrogène, par la méthode de Wilsmor (7).

L'existence des ions monovalents a encore été mise en évidence par la méthode de circulation de Bose (8) ; une solution étendue d'un sel de plomb pouvant dissoudre à chaud du plomb métallique pour le déposer à froid.

(1) Zeit. f. anorg. chem., 12, 98.
(2) Trans. chem. Soc., 63, 1136.
(3) Perkin, Proc. chem. Soc., 24, 179.
(4) Ber., 20, 716.
(5) Ber., 37, 1125.
(6) Trans. chem. Soc., 93, 424.
(7) Zeit. f. Phys. chem., 35, 294.
(8) Zeit. f. Elektrochem., 13, 477.

Groupe V

Le Phosphore est en général tri- ou pentavalent : il forme l'hydrure PH_3, et on n'a pu isoler l'hydrure PH_4, le phosphonium, qui fonctionne exclusivement comme radical. Kékulé considérait le penta-chlorure de phosphore, composé dissociable, comme une combinaison moléculaire $PCl_3 - Cl_2$. Ses vues furent bientôt battues en brèche.

Würtz (1) montra qu'en présence de trichlorure ce composé pouvait être volatilisé sans décomposition. Baker (2) établit que le penta-chlorure de phosphore parfaitement sec pouvait être volatilisé, sans subir aucune dissociation. En 1876 d'ailleurs la penta-valence fut confirmée par la préparation du penta-fluorure stable (3). Dans les composés plurihalogénés PCl_6I, PCl_3Br_4 et $PCl_3Br._8$ il est fort probable que le phosphore est penta-valent et que ces associations sont dues à la plurivalence des halogènes.

Le sous-oxyde répond à la formule P_4O ; il semble qu'on soit autorisé après les travaux de Michaël (4) à lui donner la formule $\begin{matrix} P\text{———}P \\ \| \qquad\quad | \\ P\text{———}P \end{matrix}\!\!>\!O$. Parmi les composés d'Armand Gauthier, un surtout semble intéressant au point de vue de la valence, il répond à la formule P_4OH (5).

On n'est pas parvenu, jusqu'à présent, à obtenir des dérivés optiquement actifs du phosphore.

L'Arsenic est également dans la majorité des cas tri- et pentavalent : AsH_3, $AsCl_3$, $As(NH_2)_3$, AsF_5... etc., il en est de même dans ses nombreux dérivés organiques ; dans quelques-uns cependant il paraît pouvoir fonctionner avec 7 valences.

L'Antimoine se comporte comme l'arsenic et forme des composés de l'étage tri- et pentavalent.

Le penta-fluorure forme avec le brome, l'iode et le soufre de nombreux produits d'addition, dont la constitution s'explique bien par la plurivalence du

(1) C. R., 76, 601.
(2) Trans. chem. soc., 77, 646.
(3) Ann. chem., 182, 201.
(4) Ber., 32, 339 et Ann. chem., 310, 45.
(5) C. R., 76, 49, 173.

fluor du brome et de l'iode (1). L'antimoine forme de plus un composé complexe où il semble fonctionner avec quatre valences, Rb_2SbCl_6 (2), auquel on peut attribuer une formule analogue à celle de l'acide hydrofluosilicique.

Ludwig (3) a obtenu le monoxyde par l'action de la pression et de la température sur le métal en présence d'eau.

Ruff (4) dans l'étude thermique du système SbF_5, $SbCl_5$ a mis en évidence l'existence des 6 composés que voici :

$$(SbF_5)_3 - (SbCl_5);\ (SbF_5)_2 - (SbCl_5)_3$$
$$(SBF_5)_2 - (SbCl_5);\ (SbF_5) - (SbCl_5)_2$$
$$(SbF_5) - (SbCl_5);\ (SbF_5) - (SbCl_5)_3$$

Dans les deux formes $(SbF_5)_3SbCl_5$ et $(SbCl_5)_3SbF_5$ on aura d'après Werner pour l'antimoine le chiffre coordonné maximum de huit. Ce chiffre est également en concordance avec la théorie de Abegg d'après laquelle l'antimoine aurait 8 valences dont 5 positives et 3 négatives. Pour le composé SbF_5 $(SbCl_5)_3$ on pourrait proposer la formule $F_5Sb \begin{matrix} -+ \\ -+ \end{matrix} (ClSbCl_4)_3$ d'après laquelle un atome de Cl de chacun des trois groupes $SbCl_5$ fournirait une contrevalence positive, pour saturer les contrevalences négatives de l'antimoine.

Le Bismuth est le plus souvent trivalent, mais sa pentavalence est aussi bien démontrée que celle de l'antimoine : il forme les dérivés $Bi(C_2H_5)_3Cl_2$ et $Bi(CH_3)_3Br_2$ (5). L'existence du penta-fluorure et de l'oxyfluorure est également bien démontrée (6).

Le bismuth fonctionne également avec deux valences (7). Le monoxyde a été préparé par Tanatar en chauffant l'oxalate. On connaît également des sels halogénés du bismuth bivalent, mais on ne sait si on doit leur attribuer une formule mono ou bimoléculaire. Herz et Guttmann (8) ont encore récemment mis en évidence l'existence du bichlorure en étudiant la courbe de fusion du système Bi — $BiCl_3$ qui présente un maximum correspondant à la composition $BiCl_2$. Ludwig (9) a obtenu le monoxyde BiO de la même façon que SbO.

Les combinaisons du Vanadium sont très variées, les dérivés chlorés sont du type VCl_2, VCl_3 et VCl_4, on

(1) Ruff et Heller, Knock et Graf, Ber., 39, 4310.
(2) Ber., 38, 1080.
(3) Journ. amer. chem. soc., 31, 1130.
(4) Ber., 42, 4021.
(5) Michaelis Ber., 20, 52; Gillmeister, Ber., 20, 2843.
(6) Ruff et Collab., Z. anorg. chem., 57, 220.
(7) Z. anorg. chem., 27, 437.
(8) Z. f. anorg. chem., 56, 422.
(9) Journ. amer. chem. soc., 31. 1130.

connaît aussi un pentafluorure. Il forme une série d'oxydes comparables à celle de l'azote.

$$V_2O,\ V_2O_2,\ V_2O_3,\ V_2O_4,\ V_2O_5.$$

Il forme le radical vanadyle VO, qui peut également fonctionner à différents degrés d'oxydation :

$$(VO)_2Cl$$
$$(VO)Cl$$
$$(VO)Cl_2$$
$$(VO)Cl_3$$

Les combinaisons du Niobium avec le chlore sont à comparer à celle du phosphore : il forme $NbCl_3$ et $NbCl_5$ et fonctionne en général comme élément tri- ou pentavalent ; il forme cependant un hydrure du type NbH.

Le Tantale a une tendance marquée à fonctionner avec 5 valences : il ne forme que le chlorure $TaCl_5$ et, parmi les oxydes, seuls le tetroxyde Ta_2O_4 et le pentoxyde sont bien connus.

Groupe VI

Le Soufre est un élément de valence variable : bivalent vis-à-vis de l'hydrogène, il peut être tétravalent ou hexavalent pour l'oxygène. Dans ses combinaisons organiques il est en général bivalent, mais fonctionne également avec 4 ou 6 valences.

Oefelé (1) a préparé le diéthyle-sulfone $(C_2H_5)_2SO_2$, l'éthyl sulphoxyde $(C_2H_5)_2SO$, l'hydroxyde de triéthyl sulfonium et ses dérivés haloïdes : $(C_2H_5)_3S - OH$, $(C_2H_5)_3\ S - X$. Battke (2) obtint la combinaison $(C_2H_5)_2S\ .\ Br_2$.

(1) Ann. chem., 132, 82.
(2) Ann. chem., 132, 181.

L'identité des 4 unités d'action chimique du soufre tétravalent a été beaucoup discutée : Kruger (1) obtenant par synthèse les composés

$$\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix}\!\!>\!S\!<\!\!\begin{matrix} I \\ CH_3 \end{matrix} \quad \text{et} \quad \begin{matrix} C_2H_5 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!S\!<\!\!\begin{matrix} I \\ C_2H_5 \end{matrix},$$

crut y voir des différences, mais ce travail fut repris par Klinger et Maassen (2) qui montrèrent que Kruger n'avait obtenu que des produits impurs, qu'ils étaient identiques dans toutes leurs propriétés et que par conséquent les valences également étaient identiques entre elles. Brjuchonenko arrive à un résultat analogue en préparant par deux voies différentes l'iodure de méthyl-éthyl- amyl-sulfonium.

On a également obtenu des dérivés optiquement actifs renfermant un atome de soufre asymétrique (Pope et Peachay : Proc. chem. soc., 16, 12 ; Smiles : Journ. chem. soc., 77, 1072 ; Vanzetti : Gazz. chem. ital., 30, I, 175).

Le Sélénium a des propriétés fort analogues à celles du soufre : il est bivalent pour l'hydrogène, et tétra- ou hexavalent par rapport à l'oxygène. En général cependant il est tétravalent.

On peut citer ses combinaisons organiques :

$Se(C_2H_5)_2Cl_2$	$Se(C_2H_5)_2Br_2$
$Se(C_2H_5)_3I$.	$Se(C_2H_5)_3OH$.
$Se(C_6H_5CH_2)_2Cl_2$	$Se(CH_2 - CO - CH_3)_2Cl_2$ etc.

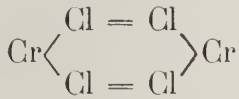
Le Tellure est très voisin des deux précédents. Il forme l'hydrogène telluré H_2Te, un trioxyde TeO_3 et des dérivés organiques du type $(C_2H_5)_3TeX$, $(C_2H_5)_2TeX_2$ ou $(C_2H_5)_2TeO$.

Il forme aussi des combinaisons $TeX_4 . HX$ où comme dans le trioxyde il est hexavalent.

L'élément suivant est le Chrome dont l'étude est fort intéressante ; il forme deux chlorures : le chlorure chromeux qui d'après les déterminations de Nilson et Pettersson (3) a une formule double Cr_2Cl_4 d'où la constitution $Cl_2 = Cr - Cr - Cl_2$ et le chlorure chromique $CrCl_3$; dans les deux cas il semble donc trivalent.

(1) Journ. prakt. chem., N. F., 14, 190.
(2) Ann. chem., 243, 193.
(3) Z. phys. chem., 2, 674.

Pour lui attribuer une valence conforme à la place qu'il occupe dans la classification de Mendeléeff, on a fait différentes hypothèses sur la constitution du chlorure. Friend (1) par exemple, le formule ainsi :

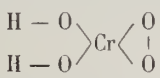


Il est évidemment difficile de trancher entre ces deux modes de représentation.

Les oxydes sont nombreux : on connaît le sesquioxyde, Cr_2O_3, le bioxyde obtenu par Manchot et Kraus (2) en chauffant $Cr_2(OH)_6$ dans un courant d'oxygène sec ; ces auteurs lui attribuent la formule de constitution que voici :

Dans l'anhydride chromique, le chrome semble à première vue hexavalent ; mais Manchot (3) préfère lui donner la formule de constitution

ce qui le conduit à attribuer à l'acide chromique la formule :



A l'encontre de cette interprétation, il faut citer le travail classique de Hittorf (4) qui a établi l'hexavalence du chrôme, dans les chromates.

Les produits d'oxydation élevée du chrôme sont assez nombreux. Riesenfeld (5) les divise en deux classes : les dérivés du tétroxyde et les perchromates proprement dits ; un des dérivés les plus simples du tétroxyde est le composé triaminique $(NH_3)_3CrO_4$, dans lequel l'hexavalence du chrôme paraît probable.

Les perchromates forment deux groupes ; ils dérivent soit de l'acide penta-perchromique :

(1) *Theory of valency*, p. 108.
(2) Ber., 39, 3512.
(3) *Verhandl. der Phys. Med. Gess.*, Wurzbourg, 39, 236.
(4) Z. f. Elektrochem., 4, 483.
(5) Ber., 41, 3536. 3941.

$$O_2 \equiv Cr \begin{cases} O - OH \\ O \end{cases}$$

soit de l'acide octo-perchromique :

$$O_2 \equiv Cr. \begin{cases} O - OH \\ O - OH \\ O - OH \end{cases}$$

Le Molybdène est un élément à valence très variable : il peut fonctionner avec deux, trois, quatre, cinq, six et huit valences, comme le montrent les dérivés suivants :

$$MoCl_2, \quad MoCl_3, \quad MoCl_4, \quad MoCl_5, \quad MoFl_5 \text{ (1)}$$

Le type à six valences est représenté dans les oxy-fluorures :

$$MoFl_2O_2 \quad \text{et} \quad MoFl_4O \text{ (2)}$$

à huit valences :

$$MoFl_2O_3 \quad \text{et} \quad MoS_4.$$

Le Wolfram ou Tungstenc forme également des combinaisons à différents étages de saturation : il forme un hexa-chlorure WCl_6 et deux oxychlorures WCl_4O, WCl_2O_2.

L'Uranium est assez analogue aux deux précédents, il est octovalent dans le tétroxyde UO_4.

Groupe VII

Vis-à-vis d'éléments ou de radicaux positifs, les halogènes sont exclusivement monovalents ; par rapport à des éléments ou des radicaux négatifs leur valence est variable, mais elle est au maximum 7.

Le fluor occupe une place spéciale en raison de la

(1) Ruff et Eisner, Ber., 40, 2926.
(2) Zeit. anorg. Chem., 27, 28.

constitution de l'acide fluorhydrique qui répond à la formule H_2Fl_2 ; il forme des sels acides $KHFl_2$. Sa densité de vapeur (1) correspond à 30° à la molécule double et ce n'est qu'au-dessus de 80° que l'on obtient la molécule simple HFl. Jaëger (2) a montré récemment la polymérisation de l'acide fluorhydrique, par ses expériences sur la vitesse de solubilité de l'oxyde mercurique dans cet acide.

La plurivalence du fluor ressort encore nettement de la constitution de l'acide hydrofluosilicique et de ses dérivés.

La plurivalence des autres halogènes est également évidente, il suffit de considérer la série de leurs composés oxygénés. En 1883 déjà Blomstrand (3) avait comparé l'acide chlorique à l'acide nitrique et admis ainsi la pentavalence du chlore.

Dans la combinaison HCl_3, le chlore est probablement trivalent. Cette combinaison d'abord signalée par Berthelot (4) fut encore mise en évidence par les travaux de Mellor (5). Cet auteur a étudié la solubilité du chlore dans l'acide chlorydrique à différentes concentrations, et il a trouvé que le coefficient d'absorption diminue jusqu'à l'acide qui renferme 12.5 gr. HCl par litre, à partir de cette concentration la solubilité augmente régulièrement, ce qui peut s'expliquer par la formation du composé HCl_3. De même il put observer une légère contraction en mélangeant à l'obscurité HCl et Cl_2.

On peut donner à ce composé la formule $H - Cl \left\langle \begin{matrix} Cl \\ \| \\ Cl \end{matrix} \right.$ qui rappelle celle de l'acide azothydrique.

Dans l'anhydride perchlorique Cl_2O_7 le chlore semble bien heptavalent.

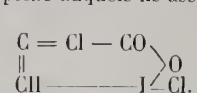
Le pentafluorure d'iode est connu depuis longtemps ; son analyse est due à Moisan (6). Le composé de Schutzenberger (7) est intéressant, il répond à la formule ICl.HCl.

Thiele et Peter (8) ont obtenu CH_3ICl_2 par l'action du chlore à — 75° sur l'iodure de méthyle en solution dans le tétrachlorure de carbone.

(1) Chem. News, 44, 164.
(2) Zeit. f. anorg. Chem., 27, 28.
(3) Ber., 16, 183.
(4) C. R., 91, 191.
(5) Journ. chem. soc., 79, 216.
(6) C. R., 135, 563.
(7) C. R., 84, 389.
(8) Ber., 38, 2842.

L'iode est également plurivalent : on peut citer en particulier les composés d'addition de CH_3I à l'éther éthylique (1) et son pentafluorure IFl_5.

Thiele et Peter (2) ont obtenu par l'action du chlore sur l'acide chloro-iodo-fumarique, un composé complexe auquels ils assignent la formule :



Le brome aussi possède une valence variable : il est trivalent dans le fluorure $BrFl_3$ (3) et dans le tribromure potassique KBr_3, $KBr\left\langle\begin{matrix}Br\\ \|\\ Br\end{matrix}\right.$ (4)

Wroczinsky et Guye (5) ont obtenu dans l'étude thermique du système bromure d'éthyle-brome la combinaison $(C_2H_5Br)_2Br_2$.

J'ai obtenu récemment par la courbe de fusion les deux bromures isomères, bromure d'isobutyle et de butyle tertiaire, trois combinaisons :

$$(CH_3)_3CBr - BrCH_2CH(CH_3)_2$$
$$(CH_3)_3CBr)_2 - BrCH_2CH(CH_3)_2$$
$$(CH_3)_3CBr - (BrCH_2CH(CH_3)_2)_2.$$

Groupe VIII

Le Fer forme deux chlorures : le chlorure ferreux à molécules simples dans les dissolvants organiques (6) où l'on doit donc admettre la bivalence du fer, et le sesqui-chlorure dont la densité de vapeur varie avec la température : entre 750 et 1077° la composition répond à la formule simple (7).

Dans les ferrates et l'acide ferrique, le fer est probablement hexavalent. Dans les dérivés carbonyles où il semble octo $Fe(CO)_4$ et dékavalent $Fe(CO)_5$ Friend (8) propose de le considérer comme bivalent en admettant que les groupes CO forment une chaine cyclique.

Dans l'acétyl-acétonate le fer est trivalent, Urbain

(1) Journ. chim. phys., 8, 205.
(2) Ber., 38, 2842.
(3) Proc. chem. soc., 21, 240.
(4) Trans. chem. soc., 87, 1107.
(5) Journ. chim. phys., 8, 205.
(6) Werner, Z. anorg Chem., 15, 1.
(7) V. Meyer, Ber., 17, 1335.
(8) Theory of valency, p. 117.

et Debierne (1) ont montré que les acétyl-acétonates des sesqui-oxydes sont de la forme :

$$M \begin{cases} C_5H_7O_2 \\ C_5H_7O_2 \\ C_5H_7O_2 \end{cases}$$

Il en est ainsi pour les acétyl-acétonates ferrique, manganique, cobaltique, chromique et aluminique.

Le Cobalt est bivalent dans les composés au minimum ; dans les autres il semble fonctionner en général, avec un radical bicobaltique hexavalent, comme le fer et l'aluminium. Mais les déterminations du poids moléculaire des cobaltamines par cryoscopie, ainsi que leur conductivité électrique semblent cependant prouver la trivalence du cobalt.

Le Nickel fonctionne en général avec deux valences; il est fort probablement bivalent aussi dans le nickel carbonyle, comme semble le montrer la réaction de Jones et Dewar (2).

L'Osmium et le Ruthénium se distinguent par l'existence des peroxydes OsO_4 et RuO_4 où apparemment au moins ils fonctionnent comme octovalents. Au contact des alcalis, ces peroxydes forment avec perte d'oxygènes les osmiates et ruthénates,

$$K_2OsO_4, \qquad K_2RuO_4$$

qui sont très analogues aux sulfates et où on peut donc assigner à l'osmium et au ruthénium la valence six.

Dans le perruthénate potassique de même il est probablement hexavalent, $KRuO_4$.

Le Palladium et le Platine sont en général di- ou tétravalents ; leurs tétrachlorures ont une grande ten-

(1) C. R., 129, 302.
(2) Trans. chem. soc., 85, 203.

dance à s'unir aux chlorures alcalins pour former des dérivés complexes :

$$K_2PdCl_6 \text{ et } (NH_4)_2PdCl_6$$

L'Iridium et le Rhodium sont tétravalents dans leurs composés les mieux définis ; ils le sont dans les oxydes IrO_2 et RhO_2, dans le chlorure $RhCl_4$, dans les sesqui-oxydes et les sesqui-chlorures.

Si nous considérons maintenant la 8me série verticale du système de Mendeléeff, nous trouvons qu'il existe entre les divers éléments qui y sont classés des relations assez nettes. A la suite de Peschard (1) on peut les classer de la façon que voici :

Fe	Co	Ni
Ru	Rh	Pd
Os.	Ir	Pt.

Le Fer forme deux séries de cyanures complexes, le Ruthénium et l'Osmium n'en forment qu'une, correspondant aux ferrocyanures ; mais le ferrocyanure de potassium et le ruthénocyanure de potassium sont isomorphes.

Dans la deuxième triade la constitution des cyanures complexes de Ruthénium et d'Iridium correspond à celle des cobalticyanures. Dans la troisième triade le Nickel forme des cyanures doubles $Ni(CN)_2 — 2MCN$, il en est de même des deux métaux nobles Palladium et Platine. Ceux-ci forment cependant aussi des pallado- et des platino-cyanures dérivés des acides :

$$H_2Hd(CN)_6 \text{ et } H_2Pt(Cn)_6.$$

Nous voici arrivés au bout de notre tâche. Nous

(1) Moissan, *Traité de Chimie inorganique.*

avons passé en revue les théories les plus importantes de la valence, et nous avons signalé leur application aux principaux éléments.

Nous estimons avoir suffisamment établi le rôle capital joué par ces théories dans le développement de la Chimie.

Il en est peu qui soient aussi fécondes !

P. Bruylants.

LÉON DE LANTSHEERE

SOUVENIRS

La mort inopinée de Léon de Lantsheere a été pour la Belgique catholique une perte particulièrement sensible. Elle est pour la Société scientifique, dont il était membre depuis près de trente années et pour le Conseil dont il faisait partie depuis 1896, un deuil de famille.

On a dit déjà, ou il sera dit, ce que fut Léon de Lantsheere, avocat et professeur, parlementaire et ministre. Je voudrais parler ici de lui dans l'intimité.

Élève du Collège St-Michel, il sortit de rhétorique avec la médaille d'or, récompense insigne qui s'accorde à celui qui a mérité le prix d'excellence sans interruption depuis la sixième.

Léon de Lantsheere aborda les études supérieures à l'Université de Louvain, déjà en possession d'une forte culture classique. Flamand d'origine, il possédait une culture française très raffinée, très avertie, qu'il développa par la lecture jusqu'à son dernier jour. Ses études de droit ne furent pas moins brillantes que ses humanités. J'ai ouï dire qu'au sortir de l'Université, la chaire de droit civil délaissée par M. De Jaer lui fut offerte. Il la refusa. C'était par leurs côtés philosophiques et sociaux que les études juridiques l'attiraient. Sa dialectique puissante eût cependant fait de lui un civiliste remarquable.

Docteur en droit, il revint à l'Université en étudiant pour suivre les savantes leçons de Monseigneur Mercier, aujourd'hui notre cardinal-archevêque, qui devait un quart de siècle plus tard donner l'absoute à la dépouille mortelle de notre ami.

Quand Léon de Lantsheere suivait à Louvain les cours de philosophie thomiste, cet enseignement n'avait pas pris l'essor actuel. Mgr Mercier suffisait à tout, parcourant dans ses leçons, en un cycle de plusieurs années, toutes les branches de la philosophie. Léon de Lantsheere fut le second docteur belge en philosophie « selon St-Thomas », et reçut du Saint-Père Léon XIII, après une remarquable soutenance de thèses, la croix de Chevalier de St-Grégoire le Grand.

J'assistais à la joute philosophique où le « docte licencié », ainsi que l'on disait, fut particulièrement aux prises avec le chanoine Bossu, mais ce ne fut point le tenant de Descartes qui l'emporta. Je me rappelle que Léon de Lantsheere rétorquait avec une dialectique très rude les arguments de l'opposant.

Le récipiendaire avait pris pour sujet de sa dissertation *Du bien au point de vue ontologique et moral* (1), grand sujet qu'il traita avec sa sobriété et sa puissance logique ordinaires. Il y défend, comme de juste, l'objectivité de la notion du bien contre la conception du formalisme Kantien. On peut y signaler une critique pénétrante et personnelle des principes de la gnoséologie Kantienne.

« Kant, ainsi conclut-il, dans le problème moral a distingué en général très clairement les faits dont il fallait partir et les conditions de la science qu'il fallait fonder, mais arrivé à ce point, la tentation peut-être inconsciente d'être le Copernic de la Philosophie, l'a conduit à des conceptions étranges quoique logiques.

(1) Un vol. in-8° de XII-138 pages. Louvain, Ch. Peeters, 1886.

Avec des matériaux à peu près analogues (à ceux employés par la scolastique) il a travaillé à une construction bizarre, qu'on pourrait caractériser d'un mot : *la philosophie traditionnelle renversée.* »

A la fondation de l'École des Sciences politiques de l'Université de Louvain, le maître éminent qui en avait provoqué la création et à qui fut confié le soin de l'organiser, offrit à Léon de Lantsheere d'occuper une des chaires principales de l'École, la chaire de droit civil comparé. « Connaître c'est comparer ». L'étude comparée des législations étrangères, quel champ immense ouvert aux savantes analyses et aux ingénieuses synthèses, quelle occasion d'exercer la curiosité d'un esprit vigoureux, de mettre à profit l'érudition du philologue et l'esprit critique du juriste en même temps que la sagacité du philosophe ! Léon de Lantsheere qui avait refusé la chaire de droit civil à la Faculté de droit, fut séduit par la perspective de l'enseignement à créer et accepta la proposition qui lui était faite par M. Van den Heuvel.

Peu après il trouvait dans l'inépuisable matière de son cours le sujet du discours qu'il prononça à la séance de rentrée de la conférence du jeune barreau de Bruxelles, le 3 novembre 1894.

Au Palais comme à l'Université, Léon de Lantsheere eut tôt fait de se distinguer. Ses confrères de la conférence du jeune barreau lui décernèrent la distinction de grand choix qui consiste à charger celui qui en est l'objet du discours de rentrée. Cette séance est, on le sait, la réunion d'apparat annuelle où le barreau bruxellois montre ses préoccupations de haute culture. Le discours de rentrée est, pour l'avocat appelé à le prononcer, l'occasion d'affirmer avec éclat sa personnalité.

Léon de Lantsheere traita du droit à Babylone et de l'évolution juridique. Je n'ai pas à apprendre à ceux

qui l'ont connu qu'il sut donner les couleurs les plus modernes à son travail et qu'on y retrouve l'*humour* qui lui était naturel.

Il nous raconte, par exemple, qu'à Babylone, vingt-cinq siècles avant notre ère, l'apprentissage était organisé, spécialement pour les esclaves. « On confiait ceux-ci à des gens de métier, tailleurs de pierre, tisserands, etc., pendant quelque temps, parfois plusieurs années. Les actes (d'après lesquels on a reconstitué les théories et les usages juridiques) spécifient soigneusement les conditions du contrat. Le patron jouit du travail de l'apprenti; en retour il doit l'instruire complètement, sous peine de tomber sous l'application d'une clause pénale, consistant en une somme d'argent. Souvent le propriétaire prend à sa charge la nourriture et l'habillement. Enfin l'apprenti doit être restitué à la date fixée. C'étaient des esclaves, notons le bien », ajoute Léon de Lantsheere, « qui étaient ainsi traités! Et l'on peut se demander, avec tristesse, si les fils de nos ouvriers libres jouissent aujourd'hui des mêmes avantages ». Du droit à Babylone, des siècles qui nous en séparent, l'esprit synthétique de l'orateur, passe sans transition, à la question sociale contemporaine.

La verve chez lui est un don de nature. Parle-t-il du mariage à Babylone, de la polygamie qui y était permise, à peine a-t-il signalé que les Babyloniens pouvaient avoir plusieurs femmes légitimes,... il s'en émeut avec humour. « En gens avisés, ils avaient soin », nous raconte-t-il, « de prendre des précautions contre les dangers qu'aurait pu courir leur tranquillité en pareille occurrence. » Les précautions sont d'importance. « Si une des épouses, dit un contrat ancien, qui ne fait que répéter les termes de la loi en vigueur, dit à son mari : tu n'es pas mon mari, celui-ci pourra la marquer et la vendre; si les deux épouses disent au mari : tu n'es pas notre époux, on pourra les égorger

et les jeter dans le fleuve. » Le narrateur à ceci n'ajoute plus rien. Il a le rire intérieur des vieux conteurs flamands.

Il nous paraîtrait ici plutôt misogyne, si l'événement ne venait contredire à cette impression. Car, l'année suivante, Mgr Nava di Bontife bénissait en la chapelle de la nonciature l'union de Léon de Lantsheere avec une charmante bruxelloise d'une rare distinction, Mlle Marguerite Kerckx.

De l'étude du droit à Babylone, l'orateur entend surtout dégager des vues philosophiques et sociologiques. Elle est pour lui l'occasion de répudier avec autant de bon sens — encore une qualité de race — que de force dialectique l'irritante confusion de maints sociologues, qui voient dans tout sauvage un type de l'humanité primitive.

Aux premiers mots de son discours il a évoqué la grande figure de Leibnitz et les voûtes de la salle des audiences solennelles de la Cour de cassation, que la Cour met gracieusement chaque année à la disposition de la Conférence, entendent résonner les noms de Spencer, de Cuvier et de Darwin, de Gumplovicz et de Tarde, ainsi que les noms des dieux et des rois de Babylone.

Si j'ai parlé un peu longuement de cette œuvre si originale de Léon de Lantsheere, c'est que l'auteur y montre comme en un kaléidoscope les faces multiples de son souple talent. En félicitant le jeune orateur, le bâtonnier en fonctions pouvait faire de lui, sans altérer la vérité, ce portrait surprenant pour qui jugerait l'œuvre sans connaître le modèle offert au pinceau du maître :

« Le discours que l'orateur de la Conférence vient de nous offrir l'occasion d'applaudir, disait de sa voix charmeuse Me Alexandre Braun, est tel que nous devions l'attendre d'un esprit encyclopédique, mûri

avant l'âge au commerce des plus grands penseurs, ne se rebutant pas à l'idée de remonter aux sources, fût-ce à celles du Nil, s'exerçant tour à tour à interroger les civilisations primitives et à descendre en lui-même pour sonder les profondeurs de notre être intime ; non moins versé dans les choses de l'art que dans celles du droit, poussant dans toutes les directions ses curiosités d'explorateur, ses fouilles d'archéologue et de paléographe, ses investigations de métaphysicien, ses recherches d'esthète et de jurisconsulte, avec une sûreté d'informations, une variété d'aptitudes et une avidité de savoir bien faites pour déconcerter ceux qui estiment que de nos jours la spécialisation à outrance est le plus sûr moyen de parvenir. »

On hésite à risquer une retouche à un si riche tableau. Pourtant il est incomplet : le fin lettré qu'était Léon de Lantsheere fut un musicien très doué, compositeur et exécutant, car la nature avait accumulé en lui les dons les plus précieux et les plus divers, et lui-même avait multiplié — avec une facilité merveilleuse — les efforts pour les développer.

Il fut aussi un mathématicien original, et a bien voulu faire part assez souvent des résultats de sa curiosité de linguiste, d'ethnographe et d'historien à ses collègues de la troisième section de la Société scientifique. Les Annales de la Société, de 1886 à 1900, signalent des communications de Léon de Lantsheere sur la *Population de l'Espagne primitive*, sur la *Découverte de textes cunéiformes*, sur les *Travaux craniométriques de Benedikt*, sur l'*Habitat primitif des Indo-Européens*, sur les *Tablettes égyptiennes de Tell-el-Amarna*, sur les *Anciens établissements grecs à Chypre et sur les côtes de l'Asie-Mineure* dans leurs rapports avec la civilisation mycénienne, sur l'*Usage juif de déchausser celui qui renonçait à un droit*, sur les *Formules juridiques des contrats babyloniens*, etc.

La solution du curieux problème ethnographique et linguistique posé au sujet des Hittites, occupa longtemps ses heures de laborieux loisir. Deux fois, et à cinq années d'intervalle, dans cette REVUE en 1887 (1) et, en 1892, au second Congrès international des catholiques (2), Léon de Lantsheere publia le résultat de ses consciencieuses et très complètes recherches.

Mais il fut *surtout* philosophe. Des branches de la philosophie c'est d'une part la morale qui l'a attiré ; c'est d'autre part la métaphysique qui plaisait à son esprit curieux de toutes les synthèses. Ainsi s'explique-t-on qu'il en vint à étudier les mathématiques, qui sont les sciences de l'abstraction, j'entends les mathématiques supérieures sans la connaissance desquelles on ne peut se livrer sérieusement aux spéculations métaphysiques qui ont pour objet les principes de la géométrie, de la mécanique et des sciences naturelles même.

Léon de Lantsheere fut en ceci un autodidacte : il apprit seul assez d'analyse algébrique et d'analyse infinitésimale pour pouvoir comprendre les questions qui appartiennent aux confins de la métaphysique et des sciences physiques et mathématiques, et avoir des vues personnelles sur ces questions. Il y a dans MATHESIS, m'écrit notre confrère Mansion, telle proposition à démontrer qui est signée de Léon de Lantsheere. Au témoignage de M. Mansion, à l'occasion, il discutait en connaisseur avec les spécialistes de la métagéométrie, sur la géométrie non euclidienne.

Quand, appelé au ministère pour être en Europe le premier en date des ministres du Travail, Albert Nyssens délaissa en 1895 le cours de droit pénal, Léon de

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XXI, pp. 563-75 : *Hittites et Amorites.*

(2) *De la race et de la langue des Hittites*, Bruxelles, J. Goemaere, 1891. Ce mémoire est analysé dans cette REVUE, 2e série, t. II (juillet 1892), pp. 602-604.

Lantsheere lui succéda dans la chaire de Thonissen. Le droit criminel, c'est de la philosophie et de la sociologie en action. Léon de Lantsheere fut, là encore, *the right man in the right place* (1).

Déjà alors Léon de Lantsheere était entré dans la politique. Il était depuis 1892 conseiller provincial du Brabant, élu par le canton d'Assche, berceau de sa famille qui y jouit d'une grande influence et de l'universelle sympathie. Il exerça ces fonctions jusqu'à son élection à la Chambre comme député de Bruxelles en 1900. C'est un honneur pour les délégués urbains de l'Association catholique d'arrondissement de lui avoir attribué une candidature utile.

A la Chambre, la dignité et l'indépendance de ses attitudes, l'autorité de ses discours sobres et rares lui acquirent bientôt une place de premier plan. Je n'ai pas à retracer ici sa carrière parlementaire. Je rappellerai seulement que ses collègues lui confièrent la charge entre toutes lourde et délicate d'être le rapporteur des projets de loi relatifs au Congo : le projet concernant la Charte coloniale et le projet portant approbation du traité d'annexion.

Nul ne s'étonna de le voir entrer dans les conseils de la Couronne, quand M. Renkin, sur les instances du Roi Léopold, accepta d'échanger le portefeuille de la Justice contre celui des Colonies.

Au nom de Léon de Lantsheere, ministre de la justice, restera attaché le souvenir du vote de la loi qui a octroyé la personnalité civile aux Universités de Bruxelles et de Louvain, et celui du procès relatif à la succession royale.

(1) Il fut donné à la Société scientifique, au cours de sa session du 25 octobre 1900, d'applaudir le savant professeur de Louvain, dont la belle conférence sur l'*Histoire naturelle de la peine* lui apportait l'écho de son brillant enseignement. ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, t. XXV, première partie, p. 97.

La loi créant, comme il le disait, deux belges de plus, procède d'une grande hauteur de vues, elle est large et loyale, et eut cette rare fortune de réunir tous les suffrages dans les deux Chambres. L'attitude si loyale aussi, et juridiquement si forte, que prit l'État dans le procès retentissant auquel donna lieu la succession de Léopold II, fut aussi le fait du ministre de la Justice, à qui cette affaire valut, tant au Parlement qu'au Palais, un accroissement — s'il était possible — d'autorité et de légitime prestige.

Devenu ministre sans l'avoir désiré, semble-t-il, Léon de Lantsheere ne fit que passer au ministère et voulut se solidariser avec M. Schollaert lors de la retraite de celui-ci.

Au lendemain des élections de juin dernier, c'est sur lui que ses amis comptaient pour assumer la charge de la présidence de la Chambre pendant la session ordinaire de 1912-1913. A la présidence comme au ministère de la Justice, il aurait succédé à son vénérable père le ministre d'État Théophile de Lantsheere, qui a la douleur de survivre à ce fils tant aimé. Comme son père, il aurait rempli les fonctions de la première magistrature élective du pays avec autorité et impartialité. Sa candidature aurait été accueillie avec sympathie par tous les partis et sur tous les bancs de l'assemblée.

La Providence ne l'a point voulu. Le 26 août, le mal qui minait depuis longtemps notre ami et qu'avaient aggravé les fatigues de la dernière campagne électorale, le terrassa soudainement. Puisse le souvenir de sa noble et utile carrière être de réconfort à ceux qui le pleurent, et sa vie servir d'exemple à ses fils !

Édouard Van der Smissen.

VARIÉTÉS

I

GALILÉE OU HUYGENS ?

A PROPOS D'UN ÉPISODE DE LA PREMIÈRE APPLICATION DU PENDULE AUX HORLOGES (1)

—

« Depuis les inventions qui constituent les anciennes horloges à balancier dans le XIVe siècle — les premières dont on ait eu connaissance — l'application du pendule à l'horloge vers le milieu du XVIIe siècle, forme une époque importante dans l'art de l'horlogerie. C'est de cette époque que commence cette perfection qui de nos jours a été portée à un si haut degré ; et, il faut en convenir, cette extrême perfection consiste autant dans

(1) Les quelques pages qui suivent m'ont été suggérées par la lecture d'un bel article publié par M. Favaro, dans la RIVISTA DI FISICA, MATEMATICA E SCIENZE NATURALI (t. 26, Florence 1912, pp. 3-20) sous le titre de *Galileo Galilei e Cristiano Huygens. Nuovi documenti sull' applicazione del pendolo all'orologio*. L'éminent éditeur des *Œuvres de Galilée* s'y place à un point de vue assez différent du mien. Il est regrettable qu'un travail intéressant autant l'histoire des sciences, dans les Pays-Bas, ait paru dans une revue peu répandue en Belgique.

En 1891, M. Favaro avait déjà donné un premier mémoire sous le même titre dans ses *Nuovi Studi Galileiani*, qui forme le tome XXIV des MEMORIE DEL REGIO ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI (pp. 389-418). J'y signalerai notamment dans la planche hors texte (entre les pp. 406 et 407) le curieux échappement employé par Galilée. C'est celui que J. B. Biot nomme « à double virgule et à repos ». *(Dell' orologio à pendulo di Galileo Galilei.* Dissertation de M. Eugenio Alberi par J. B. Biot, JOURNAL DES SAVANTS, année 1858, p. 678).

Le croquis de cet échappement a été reproduit depuis par Van Schaïk, dans son article *Ueber die Pendeluhr Galilei's* (ZEITSCHRIFT FÜR INSTRU-

celle que la main-d'œuvre a acquise, que dans les inventions ajoutées à celles des Anciens; et, nous le répétons ici, les anciennes inventions sont encore la base de toutes nos horloges actuelles.

» Mais, pour en revenir au pendule, plus cette application est importante, et plus il est nécessaire de fixer ce qui appartient véritablement à son auteur, ce qui est dû aux premiers inventeurs des horloges à balancier et, enfin, de tracer également ce que l'application elle-même a procuré de justesse de ce qu'elle a acquis des auteurs qui ont perfectionné les horloges à pendule depuis cette première application. Nous devons d'autant plus insister sur la nécessité de cette espèce d'analyse, que les historiens qui ont rendu compte de l'application du pendule à l'horloge, ont toujours confondu ces trois choses : les inventions anciennes, l'*application* elle-même, et les perfections ajoutées. »

Ainsi s'exprimait, dès 1802, dans une page trop oubliée de son *Histoire de la Mesure du temps par les Horloges* (1), un historien éminent, horloger lui-même d'une habileté incomparable, Ferdinand Berthoud, Mécanicien de la Marine, Membre de l'Institut national de France et de la Société Royale de Londres.

N'ayant aucune compétence en horlogerie, je suis heureux de pouvoir m'abriter sous la grande autorité d'un technicien tel que Berthoud, et j'extrais encore quelques passages de son *Histoire*.

« Avant de rechercher quel est le véritable auteur de l'applica-

MENTEKUNDE, 7e année, Berlin 1887, pp. 350-354) et plus récemment par Gerland, *Ueber die Erfindung der Pendeluhr* (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e sér., t. 5, Leipzig, pp. 234-247).

On le trouve, en outre, dans les *Œuvres Complètes de Christiaan Huygens*, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Tome troisième. *Correspondance* 1660-1661, La Haye, Martinus Nijhof, 1890, planche hors texte entre les pp. 14 et 15 ; et dans *Le Opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale, t. 19, Florence 1907, p. 656.

Je ne puis terminer cette note sans nommer ici, pour mémoire, le grand travail de Van Swinden, *Verhandeling over Huygens als uitvinder der slingeruurwerken* (VERHANDELINGEN DER EERSTE KLASSE VAN HET KONINKLIJK-NEDERLANDSCHE INSTITUUT VAN WETENSCHAPPEN, LETTERKUNDE EN SCHOONE KUNSTEN TE AMSTERDAM, 3d deel, Amsterdam, pp. 27-168). L'échappement à double virgule et à repos s'y trouve dans le croquis de l'horloge de Galilée, pl. 4, fig. 6.

(1) *Histoire de La Mesure du Temps par les Horloges*, par Ferdinand Berthoud, Méchanicien de la Marine, Membre de l'Institut national de France et de la Société royale de Londres, t. 1. A Paris, De l'Imprimerie de la République. An X [1802 v. s.] pp. 93 et 94.

tion du pendule, dit Berthoud, il est nécessaire de rappeler ici quel était l'état de l'horlogerie à l'époque où cette application paraît avoir eu lieu ; c'est par là seulement que l'on pourra fixer le degré de mérite qui doit être accordé à cet auteur.

» On croit communément que l'application du pendule aux horloges a été faite vers le milieu du dix-septième siècle. Or, à cette époque, il y avait plus de cent ans que toutes les inventions importantes qui constituent les horloges, avaient été faites ; car longtemps avant le milieu du quatorzième siècle, on était en possession des horloges à roues réglées par un balancier dont les vibrations étaient produites par l'échappement. Ce balancier était suspendu par un fil ou petit cordon ; ces horloges étaient mises en mouvement par un poids ; on avait, dès ces premiers temps, des horloges qui marquaient les heures, les minutes, les secondes et parties de seconde, et par conséquent les plus petites portions de la durée. Dès 1544, on avait des horloges d'appartement à sonnerie et à réveille-matin. L'invention des horloges portatives ou montres devait, à cette époque, être ancienne. Ces montres avaient pour moteur un ressort spiral réglé par une fusée. Elles marquaient les minutes. Le régulateur était le balancier, réglé par l'échappement à roue de rencontre, le premier connu, celui des anciennes horloges.

» Tel était l'état de l'horlogerie vers le milieu du seizième siècle, c'est-à-dire plus de cent ans avant l'application du pendule aux horloges. Or, nous verrons ci-après que la première horloge à pendule est exactement construite et composée des mêmes inventions qui constituent les premières horloges. Donc l'auteur de cette application a simplement *substitué* le pendule au balancier ; il a conservé le même échappement, le même rouage, le même moteur, etc. (1) ».

Ici j'abrège. Berthoud raconte la découverte de l'isochronisme des oscillations du pendule par Galilée ; son application à la régularisation des mouvements d'horlogerie, qui, d'après lui — n'oublions pas qu'il écrit en 1802 — est certainement le fait d'Huygens ; mais, à ce propos, il croit devoir citer, pour la critiquer, une page de Montucla (2).

(1) *O. c.*, t. I, pp. 94 et 95. Le balancier décrit ici se meut dans un plan horizontal. Mais, il est important de le remarquer, ailleurs il se mouvait très souvent aussi dans un plan vertical. (Voir : Berthoud, *o. c.*, t. I, pp. 81-83 et pl. I, fig. 3 ; Van Swinden, *o. c.*, *passim*, notamment, p. 95).

(2) *O. c.*, t. I, pp. 102 et 103. Berthoud cite la première édition de l'*Histoire des Mathématiques*. A Paris, chez Ch. Ant. Jombert, 1758, tome II, pp. 384 et 385.

« M. Huygens, dit Montucla, ne s'adonna pas plutôt à l'Astronomie, que, sensible aux avantages que cette science pouvait tirer du pendule, et aux inconvénients qui s'y opposaient, il travailla à les lever.

» Le succès répondit à ses désirs.

» Également doué du génie de la Mécanique et de la Géométrie, *il imagina une construction d'horloge* où le pendule, servant de modérateur au rouage, ne lui permet qu'un mouvement très uniforme.

» Voici une idée de ce mécanisme.

» Le pendule, qui est une verge de fer au bas de laquelle le poids (la *lentille*) est suspendu, communique par sa partie supérieure un mouvement alternatif à un essieu garni de deux petites palettes, tellement disposées, qu'à chaque vibration elles ne laissent passer qu'une dent de la roue avec laquelle elles s'engrènent. Cette roue ne peut donc avoir qu'un mouvement aussi uniforme que celui du pendule même ; et, puisque de son mouvement dépend celui de tout le rouage, dont les parties s'engrènent mutuellement, et enfin avec elle, ce rouage est contraint de marcher avec la même uniformité que le pendule. Il y a plus ; ce rouage, par l'action du poids ou du ressort qui le met en mouvement, fait un petit effort contre le pendule, et lui communique à peu près la même quantité de mouvement qu'il en perd à chaque vibration par la résistance de l'air ; de sorte qu'au lieu de rester vingt-quatre heures en mouvement, comme il pourrait faire sans cela, il ne peut s'arrêter que lorsque le poids ou le ressort de la machine cessera d'agir.

» M. Huygens fit cette *belle découverte* vers la fin de l'année 1656 ; et vers le milieu de 1657, il présenta aux États (de Hollande) une horloge de sa nouvelle construction. Il la dévoila bientôt par un écrit particulier (1), et elle a été si universellement adoptée, que les petites horloges d'appartement en ont pris le nom de *pendules*. »

(1) Il s'agit de : *Christiani Hvgenii à Zvlichem, Const. F. Horologivm.* Hagae Comitvm. Ex officina Adiani Vlacq. M. DC. LVIII.

Il importe de ne pas confondre cette petite brochure avec le grand ouvrage : *Christiani Hvgenii Horologivm Oscillatorivm Sive De Motv Pendvlorvm Ad Horologia Aptato Demonstrationes Geometricae.* Parisiis. Apud F. Muguet,... MDCLXXIII.

Les deux ouvrages ont été réédités au tome I des *Christiani Hugenii Zulichemii... Opera Varia.* Lugduni Batavorum apud Jansonios Van der Aa, Bibliopolas. 1724.

A ce passage, Berthoud ajoute deux notes au bas des pages. Première note (1) :

« *Huygens n'imagina pas* (comme le prétend ici l'historien des mathématiques) *une construction d'horloge* pour y adapter le pendule ; toutes les parties de cette construction étaient *inventées* depuis plusieurs siècles ; et sans l'*échappement*, cette belle et ancienne invention, dont M. Montucla explique plus bas les effets, ni Huygens, ni aucun autre mécanicien n'eût jamais pu parvenir à faire servir le pendule pour la mesure continue du temps. Si cette mécanique de l'échappement n'eût pas été connue, il eût fallu l'inventer ; et il est fort douteux qu'elle eût jamais été l'ouvrage d'un mécanicien seulement doué de théorie.

» Toutes les parties qui constituent l'horloge étaient également inventées, et Huygens n'y a rien changé. M. de la Hire a été plus exact en disant, *qu'on ne peut faire cette application* (du pendule) *que d'une manière, qui est de le* SUBSTITUER *au balancier des horloges ordinaires.* »

Plus loin vient une seconde note (2) :

« L'explication que M. Montucla vient de donner du mécanisme ou des effets de l'horloge, appartient à la construction de nos anciennes horloges. De la manière que cela est ici présenté, on serait tenté d'en attribuer le mécanisme à Huygens, et les mots de *belle découverte* qui suivent, le confirment. La note précédente a décidé la question. »

On le voit, d'après Berthoud (3), « l'inventeur de l'échappement est le vrai créateur de la mesure du temps par les horloges. Il est également le créateur des oscillations ou vibrations employées dans ces machines ; et il est évident que sans l'invention de l'échappement, on eût inutilement découvert les oscillations du pendule ; celui-ci n'eût pu être appliqué à l'horloge.

» Cet ancien, ce premier échappement, est celui qu'on nomme *à roue de rencontre*. Depuis l'époque de son invention, on a construit une infinité d'échappements ; mais celui-ci, que l'on emploie dans les montres communes ou ordinaires, est encore le meilleur. On ne connaît pas l'auteur de cette belle invention.

» L'échappement est une des parties des horloges sur laquelle le génie des artistes s'est le plus exercé. »

Résumons en deux mots ce qui précède : L'adaptation du

(1) *O. c.*, t. I, p. 102.
(2) *O. c.*, t. I, p. 103.
(3) *O. c.*, t. II, p. 2.

pendule aux horloges marque sans doute une date importante dans l'histoire de l'horlogerie; mais cette invention était plus aisée et, à tout prendre, moindre que celle de l'échappement.

Alors, l'horlogerie doit donc peu de chose à Huygens?

Bien au contraire, répond Berthoud, à condition cependant de ne pas mettre le mérite principal d'Huygens là où on le place d'ordinaire.

« De toutes les profondes et belles recherches d'Huygens relatives à la mesure du temps, dit-il (1), celle qui lui procurera une éternelle renommée, c'est la théorie de la *cycloïde*, et l'application de cette courbe vers le point de suspension du pendule, pour rendre d'égale durée les arcs inégaux que ce régulateur peut décrire. Voici comment le célèbre Bailly décrit cette invention. »

Berthoud passe ici la plume à Bailly (2).

« Huygens, profond géomètre, était trop accoutumé à l'exactitude des conclusions géométriques, pour n'avoir pas quelque scrupule sur l'uniformité de sa nouvelle horloge.

» Cette uniformité était fondée sur l'uniformité des vibrations du pendule. C'était une vérité de l'expérience de Galilée; mais de quelle expérience! On ignore comment ce grand homme avait pu s'assurer que des oscillations si petites, accomplies dans un si petit espace de temps, le fussent dans un temps égal. L'assertion de Galilée, son expérience, ne prouvaient qu'une chose, c'est que les inégalités ne pouvaient pas être saisies par les sens.

» Cette égalité sensible suffisait à Galilée pour l'emploi du pendule dans un intervalle très court; mais lorsqu'on voulait lui faire mesurer des jours, des mois, des années, ces inégalités devaient s'accumuler et pouvaient cesser d'être insensibles. Huygens demanda du secours à la Géométrie. Il chercha quelle était la courbe le long de laquelle il fallait faire descendre un corps, pour que le temps de la chute fût toujours le même, quel que fût le point de cette courbe et la hauteur où la chute commençât. La Géométrie, en effet, lui en fournit une; c'est la *cycloïde* (3)...

» Mais cette découverte de la théorie était d'une application

(1) *O. c.*, t. I, pp. 107-109.

(2) *Histoire de l'Astronomie moderne depuis la fondation de l'Ecole d'Alexandrie jusqu'à l'époque de M. D. CC. XXX.* Par M. Bailly... Nouvelle Édition, t. 2. A Paris chez de Bure... M. DCC. LXXV. pp. 260-262.

(3) Voir la 2e partie de l'*Horologium Oscillatorium*.

bien difficile. Comment faire marcher un pendule le long d'une cycloïde?

» Huygens y réussit cependant; et cet effort, quoiqu'il ait été suivi de peu d'utilité, fait trop d'honneur à l'esprit humain pour que nous le passions sous silence.

» Huygens avait découvert une espèce de courbe, engendrée d'une manière singulière. Supposons une courbe le long de laquelle on ait plié et couché un fil. Si l'on saisit une des extrémités de ce fil, et qu'on le déplie successivement, cette extrémité décrira une seconde courbe. La première, d'où le fil se déroule et se déplie, est nommée la *développée* de la seconde. Huygens chercha quelle était la développée de la cycloïde, et il trouva que c'était encore la cycloïde. La cycloïde, en se développant, se reproduit elle-même.

» Alors Huygens plaça au point de suspension de son pendule, et des deux côtés, deux petites lames de métal, auxquelles il donna la forme de cette courbe. Il suspendit la verge de son pendule à un fil. Dans les vibrations alternatives, le fil se plie et se courbe sur les lames cycloïdales; et en se développant, ce fil, ou le pendule, qui en est son prolongement, ne peut décrire également qu'une cycloïde...

» Huygens, par cette suspension savante, força donc le pendule de descendre et de remonter, en oscillant le long de cette courbe. »

J'arrête ici la citation; il n'entre pas dans mon sujet de dire pourquoi la belle invention de Huygens ne fut pas longtemps pratiquée.

Berthoud, ne l'oublions pas, écrit en 1802, mais, tout ce qui précède reste encore vrai aujourd'hui, du moins dans les grandes lignes. J'ajoute intentionnellement cette restriction : dans les grandes lignes; car, depuis 1802, des collections importantes de documents ont été publiées; notamment la *Correspondance de Christiaan Huygens* et l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée*. Des pièces jusque là inédites firent connaître bien des faits nouveaux, jetèrent du jour sur d'autres, mais soulevèrent aussi plus d'une discussion.

La première eut lieu à la suite de l'apparition des second et troisième volumes de la *Correspondance* de Huygens.

Le célèbre *Horologium oscillatorium* de Huygens est, on le sait, de 1673. Mais bien des années auparavant, dès 1658, Huygens avait publié une petite brochure intitulée *Horologium*, où il exposait simplement l'application du pendule aux horloges,

sans aucune des profondes théories qui l'accompagnent dans son second ouvrage.

Quelques contemporains du grand hollandais crièrent aussitôt au plagiat; Huygens volait Galilée! L'inculpé se défendit, parfois avec vivacité. Une bonne partie des tomes 2 et 3 de la *Correspondance de Huygens* est formée de pièces relatives à cette polémique. Si Galilée avait appliqué le pendule aux horloges, prétend Huygens, lui il l'ignorait, car personne, à sa connaissance, n'était au courant du fait en Hollande!

Énoncée en ces termes, l'excuse de Huygens semble recevable. Il me paraît difficile, en effet, de mettre en doute sa bonne foi. Mais les éditeurs de la *Correspondance de Huygens* vont beaucoup plus loin : « Jamais, disent-ils, dans une note (1), Galilée n'a songé à adapter ou appliquer le pendule aux horloges ». Affirmation tout au moins étrange, pour ne rien dire de plus ; car Huygens reconnaît en termes exprès le contraire. A preuve, par exemple, ce fragment d'une lettre à Ismaël Boulliau (2). Elle est, on le remarquera, de deux ans postérieure à l'*Horologium* de 1658, et précise bien, en outre, ce que Huygens lui-même croyait devoir à Galilée.

« A La Haye, le 22 jan. 1660.

» Monsieur,

» Vous m'avez fait un très grand plaisir en m'envoyant le dessein de l'horologe que Galilée avoit commencé. Je voy que le pendule y est aussi bien qu'au mien ; mais non pas appliqué de la même façon. Car, premièrement, il a substitué une invention beaucoup plus embarasée au lieu de se servir de la rouë qu'on appelle de rencontre (3). Secondement, il n'a pas suspendu le pendule d'un filet ou petit ruban (4), mais de sorte que toute sa pesanteur repose sur l'axe sur lequel il se meut, ce qui sans doute est la principale cause pourquoy sa manière n'a pas bien

(1) *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*... t. 7. *Correspondance*, 1670-1675. La Haye, Martinus Nyhoff, 1897, p. 281, n. 2.

(2) Même ouvrage, t. 3. *Correspondance*, 1660-1661, La Haye... 1890, pp. 12 et 13. La lettre est en français. J'en conserve l'orthographe, mais en modernisant un peu l'accentuation et la ponctuation.

(3) L'échappement à double virgule et à repos.

(4) Le pendule, dans les horloges de Huygens, est, on le sait, suspendu au pivot, par un fil.

succédé ; car je sçay par expérience que le mouvement en devient beaucoup plus difficile, et l'horologe subject à s'arrester.

» Quoyque donc Galilée ait eu la mesme pensée que moy touchant l'usage du pendule, cela est plustôt à mon avantage qu'autrement ; parce que j'ay effectué ce dont il n'a pas sçeu venir à bout, et que je n'aye pourtant eu, ny de luy, ny de personne au monde, aucun indice ny acheminement à cette invention. Si jamais on trouve le contraire, que l'on me tiene pour plagiaire, larron et tout ce qu'on voudra.

» Vous verrez dans une seconde édition du dit horologe (1), plus ample que la première, une belle invention que depuis peu j'y ay adjousté pour la dernière perfection. C'est le fruit principal que l'on pouvoit espérer de la science *de motu accelerato*, que Galilée a l'honneur d'avoir traictée le premier ; et je m'assure que les Géomètres estimeront infiniment plus cette addition, que tout le reste de cet automate.

» Je sonhaite fort de veoir l'autre dessein que vous me promettez, au quel je croy que le pendule sera attaché comme au mieu (2), puisqu'il est d'un horologe qui va eu effet. »

J'ai du mal, je le répète, à ne pas croire à la parole de Huygens.

Le fait est fréquent dans l'histoire de la science. Quand une invention est *dans l'air*, aimait à dire Paul Tannery, il est naturel que, sans le savoir, deux savants s'en emparent à peu près en même temps. Le second en date ne mérite pas le uom de plagiaire.

L'isochronisme des oscillations du pendule était connu par Huygens ; personne ne le uie. Qu'on se rappelle donc les réflexions de Berthoud sur l'état de l'horlogerie au XVIIe siècle ! Fallait-il le génie d'un Galilée ou d'un Huygens pour avoir l'idée de substituer le pendule au balancier ?

Je vais plus loin. L'esprit éminemment géométrique de Huygens lui fit assez vite reconnaître que la théorie mathématique ne confirmait pas ce qui semblait être une donnée de l'expérience et que les arcs circulaires décrits par le centre de gravité du pendule n'étaient pas rigoureusement isochrones. Aussi, peut-on se demander s'il attachait lui-même à la simple substitu-

(1) Il s'agit de l'*Horologium oscillatorium* publié en 1673, donc treize ans plus tard, seulement. La belle invention à laquelle Huygens fait allusion sont évidemment ses principaux théorèmes sur la cycloïde.

(2) C'est-à-dire suspendu par un fil. Huygens attribue, on le voit, l'arrêt du pendule, dans le dispositif de Galilée, à la résistance due au frottement.

tion du pendule au balancier la grande importance que nous y prêtons aujourd'hui ?

Voici qui ferait croire le contraire.

En bon hollandais, volontiers quelque peu marchand, notre savant vit dans ses horloges l'occasion d'une affaire. Il en parla à Salomon Coster, horloger établi à La Haye. Tous deux convinrent que Coster demanderait aux États-Généraux un privilège — nous dirions aujourd'hui un brevet — pour s'assurer le monopole de la construction des horloges de Huygens. L'inventeur et Coster s'en partageraient les bénéfices éventuels.

Arriva une chose fort naturelle. Un troisième compère, l'horloger Simon Douw de Rotterdam, examina sournoisement son invention, dit Huygens. Il y changea quelques menus détails, puis prétendit avoir lui aussi une quote-part des bénéfices.

Huygens refusa. L'appareil de Douw, déclarait-il, ne différait pas du sien. Le piquant de l'affaire est que l'une des horloges était à pendule, l'autre à balancier ! C'est ce qui résulte on ne peut plus clairement d'un curieux acte passé devant notaire, le 9 octobre 1658, acte trouvé par M. Servaas van Royen aux Archives communales de La Haye, et publié par lui dans l'Album der Natuur (1).

(1) *Een Mededinger van Christiaan Huygens*, door A. J. Servaas van Rooijen. Album der Natuur. Onder redactie van P. Harting, D. Lubach en W. M. Logeman, 1884. Haarlem. H. D. Tjeenk Willink, pp. 25-31.

Comme cette pièce si importante n'a pas été reproduite dans la *Correspondance* de Huygens, j'en transcris ici, malgré sa longueur, le passage principal.

C'est Douw qui y requiert contre Huygens et s'efforce de prouver que son horloge est bien différente de celle de Huygens et de Coster : (p. 27)

« ... Voor eerst omdat het nieuw gepractiseerde instrument hetwelk de voorn. Douw in syne horologiewercken gebruyckt geen pendulum is, ofte perpendiculaire beweginge heeft, alsoo een pendulum los hangende niet anders en wert bewogen als van sijn een onderste extremiteyt ofte uytterste punt boven in centro met een toutgen vastgemaeckt sijnde, soo als de inventie van de voorsz. Huygens is, die alleen ende simpelyck in het pendulo is bestaende, by Galileo gepractiseert, soo hy Huygens op de comparatie ten tyde van de demonstratie voor de Heeren Blocq ende Ockers Raden ordinaris in de voorsz. hove als Commissarissen gedaen, bekent heeft ende by hem soo hy seght inde horologiën geappliceert ende loshangende door een rinck in syn circumferentie perpendiculariter bewogen wert ; daer ter contrarie het instrument van de voorn. Douw's wercken volgens sijn inventie vast in sijn centrum synde, van onder ende van boven van beyden syn extremiteyten ofte uytterste puncten door het centrum circulariter op de spil niet geslingert maer gedraeyt ende alsoo bewogen wert, welcke beweginge noch by Galileo ofte eenig andere mathematici oyt is gepractiseert om de uyren van den dach afftemeten (ons weetens)... »

Écoutons Huygens dans un moment d'humeur, exposer lui-même à son cousin Willem Pieck, les ennuis que lui causent ses démêlés avec Douw (1).

« Cousin Pieck,

» Monsieur et Cousin,

» Je suis très obligé à Votre Seigneurie, d'avoir appelé mon attention sur l'inconcevable requête de l'horloger Douw, à laquelle Votre Seigneurie a bien voulu faire à temps opposition. C'est ce même prétentieux dont j'ai parlé à Votre Seigneurie, lors de mon séjour à La Haye. On peut s'étonner à bon droit, qu'il ait obtenu un Octroy des Seigneurs États-Généraux, puisqu'il était depuis longtemps, par nous, cité en justice, et que le litige relatif à l'identité de sa prétendue nouvelle invention et de la mienne n'était pas encore tranché.

» Il est advenu, en outre, que celui qui aurait dû présenter notre Requête Antidotale (2) à Leurs Hautes Puissances faisait défaut, quand celle de Douw a été lue. Cependant l'Octroy contient comme toujours cette clause : Attendu que c'est une invention nouvelle, qui n'a jamais été pratiquée dans ce pays, etc. Aussi, quand bien même il obtiendrait une Attache (3), pour le susdit Octroy, peu importe, s'il perd le procès intenté.

» Il vaudrait néanmoins mieux qu'on ne lui accordât pas d'Attache. Si donc il demande là-bas (4) une Attache, il doit, me semble-t-il, la solliciter au secrétariat de Votre Seigneurie. Aussi, je prie Votre Seigneurie de s'y opposer de tout son pouvoir. Car, Leurs Nobles Puissances instruisent maintenant l'incorrection du procédé de Douw ; à savoir, qu'un mois ou six semaines après la concession d'un Octroy, relatif à mon invention, faite à Coster, lui (Douw) est venu sournoisement examiner la dite invention chez moi et ailleurs. Et, après y avoir apporté quelques petites modifications, non en mieux, mais en mal, il a prétendu avoir fait lui-même une invention nouvelle.

» Cependant il était aussi d'abord venu nous prier, Coster et moi, de bien vouloir laisser passer son invention sous notre Octroy, et de participer ainsi pour une part égale aux bénéfices.

(1) *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*, t. 2. *Correspondance*, 1657-1659. La Haye... 1889, pp. 247 et 248. La lettre est écrite en hollandais.

(2) Les deux mots sont en français dans le texte : *Antidolate Requeste*.

(3) Une *Lettre d'Attache*.

(4) A La Haye.

Cela lui ayant été, comme de juste, refusé, il a ensuite si bien manœuvré, par mensonge et par dol, qu'il a obtenu un Octroy des États-Généraux. Je n'ai pas voulu me donner de peine pour le faire révoquer, avant que (Douw) n'ait été condamné par la Cour de Hollande, car, par le fait même, son Octroy sera caduc.

» Entre temps, je fais toute l'opposition possible à sa demande d'Attache dans cette Province, et j'espère être sous peu de jours tranquille à ce sujet. Il est inconcevable, que pour avoir mis une bonne chose au jour, il me soit causé tant de tracas et de casse tête, et cela par une pareille *canaille* (1).

» Quant à mon voyage vers là-bas (2), Votre Seigneurie doit bien comprendre que je n'ai pas le loisir de l'entreprendre, car je ne puis absolument pas m'absenter d'ici. Cependant, mon frère Louis part cette semaine pour Zuylichem et se propose de passer par là, à dessein pour cette affaire. Je le chargerai d'apporter tout ce qui peut y être utile.

» Il y a à Nimègue un horloger du nom de maître Jean Cal, homme très respectable, maître très réputé. Il rendra visite à Votre Seigneurie et lui apportera de ma part un exemplaire de la description de cette horloge que je viens d'éditer (3).

» Si on se proposait de construire ou de modifier, d'après les nouvelles inventions, l'horloge de quelque clocher, je souhaiterais qu'on y emploie plutôt (Cal), que ceux qui se présenteraient au nom de Douw ; car, je lui ai fait connaître ce qu'en divers clochers, l'expérience a déjà démontré être le meilleur système d'horloge ; tandis que le procédé de Douw n'a encore été mis en pratique nulle part.

» Mais, je retiens trop longtemps Votre Seigneurie. Je brise donc là dessus et demeure

» Monsieur et Cousin

» de Votre Seigneurie l'humble et obéissant serviteur,
» Ch. Huygens van Zuylichem. »

Encore une fois, l'un des deux genres d'horloges est à pendule, l'autre à balancier, et cependant Huygens les prétend identiques !

Qu'est-ce à dire ? En quoi consistait alors la nouveauté de ses inventions, si à son avis la simple substitution du pendule au

(1) Le mot est en français dans le texte.
(2) La Haye.
(3) *L'Horologium* de 1658.

balancier n'en était pas une ? Partageait-il, peut-être, dès lors, l'idée émise plus tard par Berthoud et regardait-il les perfectionnements de l'échappement comme aussi importants, plus importants même, que ceux du régulateur oscillant, balancier ou pendule ?

Voilà certes une question curieuse, qui n'a, que je sache, jamais été suffisamment étudiée et qui mériterait bien de l'être. Il me manque, dans l'art de l'horlogerie, la compétence voulue pour le faire. L'objet de la présente note est d'y appeler l'attention (1).

Les idées de Huygens changèrent notablement plus tard, quand il réussit à faire décrire au pendule des arcs de cycloïde ; mais il n'en était pas là en 1658 et ne découvrit les grandes propriétés de cette courbe qu'à la fin de 1659 (2).

Obligée de se prononcer entre Huygens et Douw, la Cour de Hollande semble avoir été embarrassée. Elle prit le parti prudent d'obliger les plaideurs à transiger. Voici le prononcé du jugement (3):

« Par Ordonnance de la Cour de Hollande, ont, devant le Collège des Conseillers, comparu, aujourd'hui 9 décembre 1658, Christiaan Huygens, Salomon Coster, horlogers, habitant ici à La Haye, requérants d'une part ; et Simon Douw, aussi horloger, habitant Rotterdam, requis d'autre part.

» Et à notre intervention, ont convenu les dites parties, que — nonobstant l'instance des dits requérants, dans laquelle ils prétendent que l'invention du requis est identique avec celle pour laquelle le susdit Coster a obtenu un Octroy ; — le requis pourra lui aussi, autant que besoin est, et cela pour la paix des deux parties, demander et obtenir une Attache pour l'Octroy qu'il a obtenu relativement à son invention et à sa construction des horloges ; et qu'après avoir obtenu la susdite Attache, tant des émoluments qui en proviendront, que de ceux qui seront retirés

(1) Il suffit de comparer la position prise par Huygens dans sa querelle avec Douw, et ce qu'il dit d'autre part du pendule dans l'*Horologium* de 1658, pour voir comme à cette époque le fonds de sa pensée est difficile à saisir. Il est clair cependant que dans l'*Horologium*, Huygens attache aussi la plus grande importance à la disposition nouvelle qu'il donne à l'échappement. Voir *Opera Varia*, t. 1, pp. 7 et 8.

(2) Le 6 décembre 1659, Huygens écrit à François van Schooten qu'il vient de les trouver « hisce diebus », donc tout récemment. *(Œuvres complètes de Christiaan Huygens*, t. 2, p. 522).

(3) *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*, t. 2, p. 290. La pièce est en hollandais.

de l'invention du susdit Huygens, un tiers sera pour le susdit Huygens, un deuxième tiers pour le susdit Coster, et le troisième tiers restant pour le susdit Douw.

» Et que s'il advenait que quelqu'un d'autre, sous prétexte de nouvelle invention, cherchait à obtenir un autre Octroy au préjudice des dits appareils respectifs, ou à contrefaire les dits appareils, promettent les dites parties *pro rato* d'y faire opposition la main dans la main.

» Consentent à se laisser condamner sans opposition devant la susdite Cour, d'après la teneur des présentes ; constituent à cette fin Gerrit van Velde et Wouter Gontappel, tous deux Procureurs devant la susdite Cour, l'un pour en impétrer conditionnellement, l'autre pour y consentir ; promettent de tenir pour bon, définitif et valable, ce que les mêmes auront respectivement fait en cela. »

H. Bosmans, S. J.

II

L'ESPACE, L'AME ET L'ÉVOLUTION

—

Un savant de haute valeur, doublé d'un philosophe, a publié, ces dernières années, un ouvrage arrivé assez promptement à une seconde édition, ouvrage à beaucoup d'égards remarquable, où sont émises, parmi nombre d'idées justes, de vues savantes et élevées, d'autres idées contestables, dont certaines même détonnent un peu dans une œuvre éminemment spiritualiste et chrétienne en ses tendances comme en son esprit. L'auteur qui fut professeur à la Faculté des sciences et à l'Académie médico-chirurgicale de Saint-Pétersbourg, s'est trouvé, nous apprend-il dans la préface de son livre (1), aux premières loges pour observer, il y a une quarantaine d'années, « les débuts de l'anarchie intellectuelle qui a envahi l'esprit des sociétés modernes ». Il en voit le point de départ dans les doc-

(1) Dieu et science, *Essai de psychologie des sciences*, par Élie de Cyon, 1912; Paris, Alcan.

trines de l'évolution transformiste par la lutte pour l'existence. Il serait désirable qu'il eût spécifié le côté matérialiste de ces théories qui, reprises sous la dépendance de l'Auteur souverain de la nature, ne présentent plus le même danger. Mais n'anticipons pas.

Nous voudrions signaler celles des vues présentées dans ce livre qui nous paraissent contestables, montrer en quoi l'auteur s'y est mépris, sans négliger d'appeler l'attention sur l'excellence du but qu'il poursuit ; il tend à établir l'harmonie réelle qui, au rebours des prétentions de certaine école, fourvoyée dans la passion et le parti pris, doit exister, et existe en réalité, entre la *Science* proprement dite (sciences cosmologiques et mathématiques), la philosophie et la religion.

Sans vouloir analyser et discuter en détail les nombreuses thèses contenues dans ce volume de 500 pages in-octavo, nous en indiquerons en quelques lignes, au préalable, les grandes divisions.

Une première partie est affectée par l'auteur à établir l'origine, d'après lui physiologique, de la notion d'espace, du moins de l'espace à trois dimensions, notion qui proviendrait du jeu des trois canaux semi-circulaires du labyrinthe de l'oreille. Une théorie très savante sur le « sens arithmétique », c'est-à-dire sur la notion de nombre et de temps, s'appuie sur celle du « sens géométrique » ou notion de l'espace. Telle est l'idée-mère de cette première partie, donnée sous la rubrique : « Temps et Espace. »

Le développement de cette idée occupe le premier tiers de la seconde partie. Le surplus en est consacré à une théorie physio-psychologique d'après laquelle une séparation radicale devrait être établie entre l'âme, ψυχή, matérielle et périssable, et l'esprit, πνεῦμα, qui seul serait immortel. La discussion de cette conception psychologique remplissant la division intitulée : « Corps, âme et esprit » nous occupera principalement.

De là l'auteur passe à « Évolution et transformisme », pour retracer la grandeur et la décadence, selon lui définitive, du lamarckisme et du darwinisme, et celle plus fondamentale encore de la doctrine délétère et au fond antiscientifique d'Haeckel.

Enfin, dans une quatrième partie, intitulée : « Dieu et l'Homme », M. Élie de Cyon résume la pensée générale et le but de son œuvre.

I

DE « L'IDÉE » D'ESPACE ET DE TEMPS

Les aspects de cette œuvre qui nous paraîssent le plus contestables et nous occuperont d'abord, porteront sur ces deux points :

L'origine des notions d'espace et de temps, et surtout la prétendue séparation substantielle de l'âme et de l'esprit.

Par un examen approfondi de la conception de l'espace et de celle du temps, dans lequel il fait intervenir les trois géométries d'Euclide, de Lobatchefski et de Riemann, l'auteur arrive à cette conclusion que la première, seule pratique et seule conforme à la réalité, a son point de départ dans l'observation (1), qu'elle a par suite une origine physiologique.

Il est inutile d'entrer ici dans les considérations des formes d'espace *plan*, l'espace d'Euclide, *pseudo-sphérique*, l'espace de Lobatchefski, et *sphérique*, l'espace de Riemann. Ou plutôt le seul espace à considérer est l'espace à trois dimensions sur lequel est fondée la géométrie euclidienne. La « mesure de courbure positive », base de la géométrie dans l'espace sphérique, et la « mesure de courbure négative », base de la géométrie pseudo-sphérique, importent peu au point que nous avons à envisager, si ce n'est pour reconnaître, avec Helmholtz, que l'origine purement empirique des axiomes d'Euclide est prouvée par la possibilité même d'*imaginer* des espaces pseudo-sphériques et sphériques, où les axiomes d'Euclide ne seraient pas valables (p. 69).

Quant à la réalité objective de l'espace, l'auteur la soutient à l'encontre de la doctrine de Kant, en vertu de la loi de causalité, attendu que, en dehors de cette réalité déjective, ne seraient

(1) C'est là une méprise fréquente parmi les profanes sur les principes de la géométrie. Citons, pour la redresser, ce passage emprunté à M. P. Mansion, REVUE NÉO-SCOLASTIQUE, 1908, t. XV, pp. 446-447 : « Les géomètres non euclidiens ont établi l'égale valeur logique des géométries euclidienne, lobatchefskienne, riemannienne; *ces géométries*, aussi peu différentes que l'on veut l'une de l'autre, *expliquent également bien les propriétés de l'espace réel*. En particulier, comme Gauss l'a dit : *a priori*, il est impossible de savoir si la constante spatiale est infinie ou non, si la géométrie est euclidienne ou non. *A posteriori*, la constante spatiale ne pouvant jamais être déterminée qu'approximativement, on ne peut jamais savoir, *par l'observation ou l'expérience*, si la géométrie physique est euclidienne, *même si elle l'est réellement*. » N. D. L. R.

possibles « ni les mouvements des corps solides, ni en général les sensations quelconques » (p. 94).

Mais étant admise l'origine empirique des axiomes fondamentaux de la géométrie euclidienne, c'est-à-dire une origine due à l'observation, donc au témoignage des sens, s'ensuit-il que l'*idée* même d'espace comme celle de temps soient d'origine physiologique, notamment que la représentation de l'espace à trois dimensions nous soit fournie par la position, en trois plans perpendiculaires l'un à l'autre, des trois canaux semi-circulaires du labyrinthe de l'oreille ?

Il y a ici, tout d'abord, une distinction importante à faire. S'il s'agit de la représentation, de la *sensation* d'espace, comme de celle de durée, nous sommes dans le domaine de la sensibilité. Que ce soient les trois paires de canaux semi-circulaires des oreilles qui produisent ces sensations ou qu'il faille en chercher la cause ailleurs, c'est un point à débattre entre physiologistes. Mais de la sensation ou représentation à l'*idée*, il y a une distance, un fossé infranchissable. C'est sur les représentations, sur les images que la pensée travaille pour en dégager l'idée. Et c'est là, soit dit en passant, ce qui établit la différence de nature entre l'homme et l'animal, si haut que ce dernier soit placé sur l'échelle zoologique : l'animal perçoit comme l'homme les représentations, les images, mais il n'abstrait pas, il ne généralise pas, il ne s'élève pas jusqu'à l'idée ; il *imagine*, mais il ne *pense* pas. D'où il résulte que son imagination, n'étant pas vivifiée par la pensée, par l'idée, ne crée rien, n'invente rien, ne le rend capable d'aucun progrès en dehors des limites très restreintes de ses instincts.

Or le sens géométrique de l'espace, le sens arithmétique du temps, ou plus exactement l'*idée* de l'un de l'autre — il faut entendre ici l'idée abstraite, l'idée pure — n'a plus rien de commun avec les organes cérébraux, siège des images ou représentations sur lesquelles la pensée a dû s'appuyer d'abord. C'est pourquoi Bossuet a pu louer Aristote d'avoir dit que c'est sans organe qu'on pense (1).

(1) Cf. Élie Rabier, *Leçons de philosophie. Psychologie.* La pensée est semblable au cerf-volant qu'un fil retient à la terre : sans le fil, au lieu de s'élever il tombe ; mais tout en étant retenu par le fil, il se meut et plane librement dans le ciel. C'est l'image de la pensée. En d'autres termes, de même qu'on peut dire tout ensemble qu'on ne pense pas sans images et qu'on pense sans images, de même on peut dire, d'une part qu'on ne pense pas sans organes, car les organes forment les images nécessaires à la pensée ; mais d'autre part,

Et ce qui prouve bien que les notions d'espace et de temps sont, en soi, essentiellement abstraites, c'est précisement que Lobatchefski, Riemann et autres aient pu imaginer des espaces non euclidiens et édifier, sur ces espaces imaginaires, des corps complets de géométries d'ailleurs contraires. Un mathématicien et philosophe éminent, M. l'ingénieur en chef Lechalas, a même pu discuter l'idée d'un temps à deux dimensions. Évidemment les organes corporels, qui ne sont que de la matière organisée, ne sont pour rien dans des abstractions pareilles, comme dans toutes autres abstractions ; et pas plus les canaux semi-circulaires du labyrinthe de l'oreille que telle ou telle autre subdivision de l'encéphale n'ont quelque chose de commun avec les notions pures d'éternel, d'infini, d'absolu, etc., aussi bien que de temps, d'espace, d'étendue, de durée.

Cette réserve ne s'applique, comme on le voit, qu'au côté psychologique et, peut-on dire, métaphysique de la question, dans une suite de chapitres où l'auteur se montre familier avec toutes les parties même transcendantes de la science, animé d'ailleurs de l'esprit spiritualiste le plus pur et le mieux dégagé « des liens où Kant avait enserré l'activité du physiologiste, en lui imposant la contrainte des formes d'intuition *a priori* et le fardeau des concepts innés » (p. 156).

II

L'AME ET L'ESPRIT

Une réserve, plus importante encore que la précédente parce qu'elle est d'ordre plus général, a trait à la distinction, à la séparation même que l'auteur prétend établir entre l'âme et l'esprit. Sans doute il reconnaît que, pour avoir fait intervenir d'une manière excessive la physiologie dans la psychologie, on

puisque la pensée diffère absolument de l'image à laquelle elle est surajoutée, on pourra dire aussi que la pensée, en elle-même, n'est pas attachée aux organes, et l'on pourra acquiescer à la grande parole de Bossuet au sujet de la grande parole d'Aristote : « Lorsque Aristote a dit : c'est sans organe qu'on pense, il a parlé divinement ».

Il est clair que les mots *pensée*, *penser*, doivent se prendre dans une acception très large, indiquant tantôt le travail de l'esprit sur les images pour en dégager l'idée, tantôt l'idée elle-même, une fois ce travail accompli ; la pensée alors devient synonyme d'idée, et c'est en ce sens qu'il est rigoureusement exact de dire que l'on pense sans organes.

a abouti à un certain échec de la psycho-physiologie, et qu'il est nécessaire de délimiter les domaines respectifs des deux sciences. Mais il prétend faire porter le principal effort de la séparation sur ce point :

Séparer aussi complètement que possible les fonctions psychiques de tout processus et de tout produit de l'esprit, ce qui suppose une transformation considérable du concept de l'âme.

Cette transformation, suivant lui, existerait déjà en fait, depuis le milieu du siècle dernier, au point que la doctrine traditionnelle qui proclame l'unité de l'âme, « conçue comme le réceptacle de toutes les fonctions vitales et spirituelles », ne mènerait plus qu'une existence précaire.

Il est permis de croire, cependant, que la doctrine de l'unité de l'âme, commune aussi bien au cartésianisme et à l'éclectisme moderne qu'à la philosophie traditionnelle, a une existence beaucoup moins précaire que ne le pense notre auteur. De plus, cette prétendue séparation paraît essentiellement contraire à la doctrine scolastique du composé humain, d'après laquelle, en l'homme, les deux natures corporelle et spirituelle sont étroitement unies, au point que l'âme est la forme substantielle du corps. Et de même que la pensée dégage l'idée pure de l'image produite par les organes et qu'ainsi l'esprit s'est servi de l'organisme pour faire naître l'idée, de même il y a, chez l'homme, des facultés mixtes où l'âme et le corps collaborent ensemble.

Mais qu'il s'agisse d'abstraire et de généraliser, œuvre essentielle de l'esprit, de diriger en un sens déterminé et voulu les caprices de l'imagination, de régler le choix du libre arbitre en des décisions diverses, de donner le pas à la raison sur les penchants du cœur ou des sens, c'est le même principe qui agit. Esprit percevant l'intelligible, volonté s'exerçant sur l'entendement, sur les sens ou sur la sensibilité générale, c'est l'âme, toujours l'âme, bien que le corps ait une part dans l'exercice de cette activité.

« Les singes anthropoïdes, nous dit M. de Cyon, ne possèdent pas la faculté du langage ; ils sont, par suite, incapables de penser ou de former des idées générales ». Observons d'abord qu'il serait beaucoup plus exact de dire que les singes anthropoïdes (de même, au surplus, que les autres animaux) n'ont pas la parole parce qu'ils n'ont pas d'idées, pas plus générales que particulières, au lieu d'attribuer leur manque d'idées à l'absence, chez eux, de la parole. Les dits singes — comme tout le règne animal — « ne connaissent ni religion, ni science, ni philosophie. »

Et il est très vrai que « les vertébrés supérieurs possèdent toutes les fonctions vitales, sensorielles et psychiques, c'est-à-dire les fonctions de l'âme proprement dite ». Cela, nul ne le conteste. Mais qu'en conclure ? Ceci, que les animaux possèdent, eux aussi, une âme, comme l'enseigne saint Thomas, mais une âme sensitive seulement, tandis que l'âme humaine est à la fois sensitive et intellectuelle ou raisonnable, autrement dit *spirituelle*. Et, en tant que spirituelle, elle intervient dans la plupart des fonctions vitales, sensorielles et *psychiques*, même en restreignant l'acception de ce dernier terme aux opérations qui ressortissent à la sensibilité.

Telle est la seule conclusion possible, et non pas, ainsi le croit notre auteur, que nous ayons comme qui dirait deux âmes ; l'une, purement sensible, présidant aux fonctions corporelles et qui serait ψυχή, périssable avec le corps ; l'autre, intellectuelle, présidant aux fonctions spirituelles et morales et partant immortelle : πνεῦμα. La conséquence logique de ce système serait de faire, par la division ou séparation projetée, de la psychologie sensible une simple branche de la physiologie, réservant à une sorte de *pneumatologie* l'étude ou la science des facultés purement intellectuelles. Nous retomberions ainsi dans la négation de l'animisme au profit du vitalisme duodynamique (1).

Vainement invoquerait-on, en ce sens, comme le fait notre auteur, l'autorité de l'apôtre Saint Paul.

Il est bien vrai qu'on lit, au chapitre II de la première Épître aux Corinthiens :

14. *Animalis homo non percipit* ea quae sunt Spiritus Dei ; Stultitia est illi et *non potest intelligere*, quia spiritualiter examinatur. — 15. *Spiritualis autem judicat omnia*, et ipse a nemine judicatur.

On voit bien là un « homme animal », incapable de percevoir les choses qui sont de l'Esprit de Dieu, et un « homme spirituel »

(1) Nous disons « vitalisme duodynamique » pour éviter toute confusion, le vitalisme et l'animisme, dans le langage courant, étant souvent pris l'un pour l'autre. Dans la rigueur des termes, l'*animisme* est la doctrine de ceux qui font de l'âme le principe commun de la vie physiologique et de la vie spirituelle, tandis que le *vitalisme* indiquerait la doctrine qui attribue la vie physiologique à un « principe vital » spécial et différent de l'âme.

(Cf. le *Dictionnaire des sciences philosophiques* de Ad. Franck, le *Dictionnaire de philosophie* de Mgr Élie Blanc, *Le principe vital et l'âme pensante* de Francisque Bouillier). — Mais souvent on interprète le vitalisme dans le sens de l'animisme, par opposition aux matérialistes qui ne veulent voir dans la vie qu'un résultat des forces physico-chimiques.

qui juge de toutes choses et n'est jugé par personne. — Au verset 12 de l'Épître aux Hébreux, on lit aussi que la parole de Dieu, plus aiguë qu'une épée à deux tranchants, pénètre jusqu'à la division de l'âme et de l'esprit (1). Mais il s'agit d'interpréter ces textes dans leur véritable sens, et non de les adapter à un système construit d'avance.

Nous n'avons pas à rappeler ici les notions des mots « chair » (σάρξ), « âme » (ψυχή), « esprit » (πνεῦμα) dans la langue psychologique de Saint Paul : quelques lignes, empruntées au P. F. Prat, auquel nous renvoyons le lecteur (2), suffiront à notre but.

L'âme (ψυχή), « comme principe de la vie sensitive, se distingue de l'esprit (πνεῦμα) comme le principe vital se distingue de la raison, bien que l'un et l'autre procèdent d'une même substance. L'adjectif ψυχικός (animalis) possède un sens éthique qu'il est très important de noter. Il est en opposition implicite avec πνευματικός (spiritualis). Or ce dernier indique un rapport avec l'Esprit de Dieu, source de la vie surnaturelle ; et c'est ce que ψυχικός exclut, ou plutôt n'inclut point.

» L'homme ψυχικός est celui qui n'a que la vie naturelle, sans être vivifié par l'Esprit-Saint. Il est bien défini par Saint Jude (19 : ψυχικοὶ πνευμα μὴ ἔχοντες). Mais l'homme privé de l'Esprit de Dieu est en réalité charnel, et voilà pourquoi ψυχικός et σαρκίκος arrivent à être presque synonymes : animalis (ψυχικός) homo non percipit ea quæ sunt Spiritus Dei... »

C'est donc en vain que M. de Cyon s'autoriserait des textes de Saint Paul pour étayer son système de séparation de l'âme humaine en deux éléments, l'un spirituel et l'autre matériel. Au contraire, l'unité de l'âme humaine a toujours été affirmée par la philosophie spiritualiste, à commencer, sans remonter plus haut, par Saint Augustin, Saint Thomas, et continuant par Descartes, Leibniz, Adolphe Franck, Francisque Bouillier et les philosophes spiritualistes contemporains.

Cette erreur fondamentale est la pensée mère de la deuxième et non la moins importante partie du très docte ouvrage de M. de Cyon ; et c'est d'autant plus regrettable qu'à chaque ligne, pour ainsi dire, s'y révèle le penseur et le savant, non pas seule-

(1) Vivus est sermo Dei, et efficax, et penetrabilior omni gladio ancipiti et pertingens usque ad divisionem animae et spiritus...

(2) *La théologie de Saint Paul*, deuxième partie, note C. *Langue psychologique de Saint Paul*, pp. 105-110. Paris, Beauchesne, 1912.

ment l'homme érudit en matière scientifique, mais le vrai savant qui a pratiqué la science au laboratoire et l'a professée en France comme à l'étranger. Mais le concept faux sur lequel il s'appuie constamment, l'origine purement physiologique des notions abstraites d'espace et de temps, ce qui l'amène à matérialiser l'âme sentante, à la séparer de l'âme pensante, ce faux concept enlève, à l'ensemble de cette seconde partie, une part notable de sa valeur.

Un Appendice intitulé : *Les aberrations psychiques,* est dirigé contre le spiritisme et l'hypnotisme. Du premier, l'auteur n'a pas de peine à montrer scientifiquement l'inanité et la supercherie ; contre le second, le compte rendu d'*une* séance à Moscou, où le magnétiseur, devant des témoins sans parti pris, fut convaincu de manœuvres frauduleuses, ne présente pas les éléments d'une généralisation suffisante pour asseoir un jugement probant.

III

ÉVOLUTION ET TRANSFORMISME

Après avoir traité « des plus hauts problèmes de la philosophie et de la science, à l'aide des méthodes les plus rigoureuses de la physiologie expérimentale », l'auteur de *Dieu et Science* aborde « un domaine des sciences naturelles moins accessible à l'étude expérimentale », celui des problèmes de l'évolution et du transformisme.

Il s'en prend surtout à Lamarck, à Darwin et à Haeckel, tout en ne consacrant au premier que quelques lignes : suivant lui, la doctrine du naturaliste picard, malgré l'appui de Geoffroy Saint-Hilaire, et après une série de discussions mémorables à l'Académie des Sciences, « succomba sous le poids des preuves accablantes de ses erreurs ». Jugement sommaire et un peu trop absolu, sur lequel nous aurons à revenir. Il est certain toutefois que les vues de Lamarck ne furent pas comprises, firent peu de sensation de son vivant et ne résistèrent pas aux coups d'un adversaire aussi redoutable que l'illustre Georges Cuvier.

Il en fut tout autrement des théories du naturaliste anglais Charles Darwin à l'apparition de son ouvrage *Sur l'origine des espèces*. Celui-ci arrivait à une heure propice à sa divulgation et à sa vogue. Avec une ardeur trop hâtive l'école matérialiste y vit un triomphe pour sa triste thèse, tandis que, beaucoup plus émus que de raison, les spiritualistes théistes et les gens attachés

à la religion combattaient la nouvelle doctrine avec une ardeur digne d'une cause plus sérieuse. Ces derniers ne tardèrent pas à s'apercevoir que, à la seule condition de mettre à l'origine des évolutions, une cause première créatrice et ordonnatrice, ce qui est logiquement élémentaire, le transformisme, comme toute autre théorie évolutive, n'a rien de contraire aux doctrines spiritualiste et chrétienne.

Le fait fut notamment établi, en avril 1891, au congrès scientifique tenu dans les salles de l'Institut catholique de Paris. Un savant chrétien — très savant et très chrétien, le Dr Jousset — ayant proposé, à la section d'anthropologie et physiologie, de combattre le transformisme au nom du dogme catholique, fut vivement combattu, au nom de la grande majorité de l'assemblée, par Mgr Freppel qui, lui-même contraire à cette théorie pour des motifs d'ordre scientifique, s'opposait énergiquement à ce qu'on la mît en opposition avec le dogme qu'elle n'intéresse en aucune façon.

Dégagée ou non de la philosophie matérialiste qui, *en soi,* lui est étrangère, la doctrine darwiniste résista, pendant une vingtaine d'années, aux attaques plus ou moins justifiées — plutôt plus que moins — dont elle était l'objet ; mais, chose qui semble paradoxale, c'est sous les coups de ses plus zélés partisans qu'elle était destinée à succomber. Ses deux assises fondamentales : — la sélection naturelle par la survivance des plus aptes, et la lutte pour l'existence, *Struggle for life*, faisant naître des propriétés nouvelles se transmettant aux descendants — ont été réduites à néant, la première par l'anglais Herbert Spencer, la seconde par le physiologiste allemand Weismann, tous deux également enthousiastes, également passionnés pour la cosmologie évolutionniste de Darwin. Le premier a démontré l'impuissance absolue de la sélection naturelle à réaliser une évolution des organismes supérieurs ; le second a établi que les prétendus faits invoqués pour prouver la transmission héréditaire des propriétés acquises par le *Struggle for life*, provenaient de récits inventés de toutes pièces et comparables à des contes de fées.

En combattant le darwinisme, l'auteur que nous apprécions émet un grand nombre de considérations d'une absolue justesse et sur la Cause première à laquelle la logique même oblige à remonter en toute hypothèse, et sur les causes finales sans lesquelles aucune évolution, dans le sens du perfectionnement des espèces, ne saurait être imaginée, et sur cette observation trop négligée, à savoir que les influences morbides sont

contagieuses tandis que l'état de santé prospère ne se communique pas... Son appréciation de la fameuse *Evolution créatrice*, de M. Bergsen, mérite d'être citée :

Elle « rappelle par certains côtés la fantaisie d'Empédocle. Son *évolution* aussi se passe sans l'intervention d'un créateur, d'une intelligence supérieure ou de lois scientifiques quelconques. Ni l'esprit ni même la raison n'interviennent dans les phénomènes de la création. C'est le système du *Tout s'écoule* d'Héraclite, un peu modernisé et développé dans un langage très beau, mais manquant trop souvent de précision et de clarté » (1).

Le reproche que l'on pourrait faire aux vues que nous apprécions, c'est d'être, en matière d'évolutionnisme, un peu trop générales, un peu trop absolues. Démontrer l'effondrement de l'évolutionnisme tel que l'a conçu Darwin, faire voir le côté faible des systèmes de Weismann et de Hugo de Vries, n'autorise pas l'auteur à confondre Lamarck et Darwin dans la même réprobation. « L'évolution reste-t-elle encore debout? » demande-t-il ; et il répond :

« Si l'évolution, impliquant la transformation des espèces, prétend à l'honneur d'être un système scientifique, *comme l'ont voulu Lamarck et Darwin*, la réponse ne saurait être que négative » (2).

Est-ce bien sûr?

Que le système de Darwin n'ait pas résisté, à la longue, à un examen approfondi et n'ait plus guère d'autre valeur aujourd'hui que celle d'un chapitre de l'histoire de la science, il n'en résulte point qu'il ne soit pas un système scientifique, c'est-à-dire fondé sur des observations méthodiques et nombreuses, combinées et présentées en un corps de doctrine, peut-être un peu superficiel, mais qui, n'ayant pas finalement prévalu, n'en a pas moins été utilisé à beaucoup d'égards, en provoquant de nouvelles recherches et découvertes.

Voilà pour Darwin.

Quant à Lamarck, le jugement dans lequel il est englobé est, en ce qui le touche, plus injuste encore. La belle conférence que M. le Dr H. Lebrun a donnée, le 16 avril dernier, à la Société scientifique de Bruxelles, montre au contraire combien les vues, longtemps méconnues, de Lamarck, comme celles de Geoffroy

(1) Dieu et Science, IIIe partie, chap. IV.
(2) Ibid.

Saint-Hilaire qui s'en rapprochaient, sont supérieures à celles de Darwin. Les travaux sur l'hérédité de Mendel, les observations sur certaines catégories d'insectes du R. P. Wassmann, jésuite suisse, les expériences du biologiste hollandais Hugo de Vries, celles de M. Giard, professeur à la Sorbonne, et d'autres encore, semblent prouver que soit les changements lents réalisés sous les influences climatologiques, hydrologiques, cosmiques, etc. (1), soit les anomalies brusquement apparues, sont transmissibles par l'hérédité et peuvent apporter, après un plus ou moins grand nombre de générations, des changements notables dans certaines formes animales ou végétales. Et s'il n'y a pas là, jusqu'à présent, des éléments suffisants pour conclure à une loi générale, il y a cependant plus d'un cas particulier où la théorie semble se justifier.

Au lieu de s'acheminer vers une loi universelle des règnes organiques, ne serait-on pas plutôt en présence de cas spéciaux (?), et les phénomènes de transformation des espèces ne correspondraient-ils qu'à une sorte d'anomalie, à un mode particulier et exceptionnel de l'évolution générale?

Quoi qu'il en soit, sans adopter la fin de non-recevoir absolue opposée par M. de Cyon à la doctrine de Lamarck, reconnaissons, avec M. le Dr Lebrun, que la plupart des tenants du néo-lamarckisme sont dans une voie incomplète, sinon fausse, en méconnaissant une partie essentielle de la doctrine du maître, en ne voyant « dans les actions du milieu sur l'organisme et dans les réactions des organismes vis-à-vis des facteurs externes, qu'un simple processus physico-chimique ». Telle est l'erreur profonde des matérialistes; or Lamarck, qui était spiritualiste, reconnaissait l'existence d'un principe de vie supérieur à toute succession de phénomènes mécaniques et physico-chimiques. Il admettait, dans sa théorie, l'élément téléologique, et comptait les habitudes parmi les causes internes des variations pouvant concourir

(1) M. Giard comprend, dans les facteurs d'évolution : 1° le climat, la lumière, la température, la sécheresse, l'humidité, la composition du sol et de l'eau, les vents, etc.; c'est le *milieu cosmique*; 2° l'alimentation, le parasitisme, la symbiose. En outre et secondairement, l'hybridation, l'hérédité, la sélection naturelle. — Tous ces facteurs peuvent avoir une influence, et il se peut que, observés et utilisés au point de vue de la méthode lamarckienne, ils apportent à l'évolution transformiste un appui plus solide, une probabilité plus grande que n'ont pu faire les nombreuses tentatives de la discipline de Darwin. Il est douteux toutefois que cette théorie arrive jamais à une quasi-certitude. L'avenir en décidera.

à la transformation des espèces. En refusant de la suivre sur ce terrain, en s'obstinant à repousser la finalité dans l'ensemble des causes qui produisent les harmonies de la nature, les lamarckiens matérialistes se privent d'un puissant élément de succès dans la construction de leurs théories ; et peut-être M. de Cyon n'eût-il pas été d'une sévérité injuste pour Lamarck, s'il ne l'eût vu, un peu trop peut-être, dans ses disciples d'aujourd'hui.

Mais où la thèse de M. Elie de Cyon défie toute critique, c'est dans l'exposé et la réfutation des doctrines monistes de Haeckel, ce savant, passionné d'irréligion et de matérialisme, n'utilisant ses vastes connaissances, ne dirigeant ses observations et ses recherches que dans le but préconçu d'arriver à la négation de Dieu et de tout ce qui s'y rattache. Notre auteur le suit pas à pas dans ses classifications, dans ses procédés, dans les prétendues falsifications que la nature se serait apportées à elle-même à travers des millions et des millions d'années, dans les falsifications autrement réelles que Haeckel lui aurait apportées lui-même dans ses descriptions, en vue de confirmer sa théorie.

Enfin, rappelant que les récentes découvertes de la Chapelle-aux-Saints (Corrèze) et de Moustiers (Dordogne), comme celles de Néanderthal et de Spy, confirment pleinement les déclarations de Virchow contre la prétendue origine simienne de l'homme, et en en fournissant la démonstration, il conclut finalement, d'une manière encore trop exclusive peut-être, par cette appréciation d'un savant allemand, M. Hertweig, contenant néanmoins une bonne part de vérité :

« Le lamarckisme, le darwinisme et toutes les théories évolutionnistes, ne font qu'indiquer des phases passagères de l'histoire de la science ; elles n'offrent que des fragments de la vérité à rechercher. Présentées comme des thèses dogmatiques, elles ne peuvent que faire obstacle à tout progrès ultérieur » (1).

IV

VUE D'ENSEMBLE

Il ne nous reste guère à mentionner que pour mémoire la quatrième et dernière partie du livre de M. de Cyon, intitulée : « Dieu et l'homme », et sur laquelle nous n'avons à donner que des approbations. L'auteur y fait ressortir, comme conclusion

(1) Oscar Hertweig, cité par l'auteur, troisième partie, chap. V, *in fine*.

de l'ensemble, l'absence de tout antagonisme réel entre la religion et la vraie science, entre l'une et l'autre et la vraie philosophie. Il donne à l'appui les résultats d'une sorte d'enquête sur les opinions, en matière philosophique et religieuse, des grands naturalistes dont l'humanité s'honore, et termine par une réfutation du positivisme d'Auguste Comte, avec des détails sur ses crises de folie et des aperçus touchant l'absence absolue de sens moral de ce philosophe.

Au résumé, le savant écrivain a mis, au service de la meilleure des causes, de vastes connaissances, une pensée profonde, et malheureusement aussi des considérations dont quelques-unes iraient logiquement, bien que contre son évidente intention, à desservir cette même cause. Car donner à des idées éminemment abstraites, comme celles d'espace et de temps, une origine directement organique, et d'autre part assigner aux fonctions vitales un principe autre que l'âme pensante (ψυχή πνευματική) et périssable avec le corps, ce serait faire le jeu de ceux-là même que combat notre auteur.

C. de Kirwan.

BIBLIOGRAPHIE

I

Œuvres de Fermat, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Charles Henry, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. — Tome quatrième. Compléments, par M. Charles Henry : *Supplément à la Correspondance. Appendice. Notes et Tables.* — Paris, Gauthier-Villars, 1912. — Un vol. in-4° de x-277 pages.

Le tome IV des *Œuvres de Fermat*, qui vient enfin de paraître, s'est fait attendre seize ans. Il contient des compléments divisés en cinq parties.

I. — Supplément a la Correspondance de Fermat. En tout six lettres, pas très importantes : une de Roberval à Fermat; une autre du P. Maignan, minime; enfin, quatre lettres de Fermat au président d'Augeard. Dans ces dernières il n'est pas question de mathématiques, mais de la composition des diverses chambres du Parlement de Toulouse.

II. — Appendice en neuf chapitres. L'éditeur y a réuni des extraits de publications, de manuscrits, de correspondances concernant Fermat, émanant tous des contemporains. Ces extraits, nous apprend la préface, ont été réduits au minimum. Les historiens des mathématiques s'en apercevront de prime abord, mais la remarque n'est pas inutile pour les lecteurs de Fermat qui ne seraient que géomètres.

Ch. 1. *La discussion sur la méthode De Maximis et Minimis.* Sept lettres datant toutes de 1638 : cinq de Descartes, une de Roberval, une de Desargues. A plusieurs points de vue cette dernière est l'une des pièces les plus importantes du présent volume, sinon la plus importante. Datée du 4 avril 1638, elle est adressée à Mersenne. C'est le seul autographe de Desargues qui soit authentiqué par une signature. Dans le Bulletin des sciences

MATHÉMATIQUES (1890, 1e part., pp. 248-250), Paul Tannery avait signalé jadis en tête d'un ouvrage de Desargues sur la *Perspective*, à la Bibliothèque Nationale de Paris, un hommage à Beekman, qu'il supposait être un autographe de Desargues. Cette conjecture est exacte. Grâce à la lettre actuelle, on connaît maintenant deux autographes de Desargues. On le voit, c'est peu. Cette lettre du 4 avril 1638 est une trouvaille de M. Brocard à la Bibliothèque de Lyon. La lecture est, paraît-il, difficile, parfois même impossible, l'encre ayant pâli.

CH. 2. *Les parties aliquotes.* Trois extraits de Mersenne.

CH. 3. *Extraits de la Correspondance de Mersenne et de Saint-Martin.* Contient une lettre autographe de Mersenne à Saint-Martin, datée du lundi 18 juin 1640; avec la minute de la réponse de Saint-Martin à Mersenne écrite sur le blanc de la lettre précédente. Les originaux appartiennent à la Hofbibl. de Vienne.

CH. 4. *Extrait de la Correspondance de Cavalieri à Mersenne.* Assez longue lettre datée de Bologne et du 28 novembre 1641; texte latin et traduction française.

CH. 5. *Extrait de la Correspondance de Mersenne et de Torricelli.* La correspondance de Torricelli étant encore inédite, ce chapitre est fort neuf. On regretterait même vraiment de n'avoir ici ces lettres qu'en fragments, si on ne savait qu'une édition des *Œuvres complètes de Torricelli* se prépare sous les auspices du Gouvernement italien. Les extraits édités dans ce chapitre, au nombre de douze, sont datés de 1643 à 1646.

CH. 6. *Extraits des lettres de Torricelli à Carcavi.* Deux lettres datées de 1646, qui appellent les mêmes remarques que celles du chapitre précédent.

CH. 7. *Extraits de la Correspondance de Descartes.*

CH. 8. *Extraits de la Correspondance de Huygens.*

Absolument parlant, ces deux chapitres sont assez longs; mais on n'y a cependant donné que l'indispensable, car les éditions hautement critiques de Descartes et de Huygens sont entre les mains, ou à la disposition, de tous les spécialistes.

CH. 9. *Extraits de la Correspondance d'Ozanam avec le P. de Billy, S. J.* Fragments inédits de trois lettres de 1676 et 1677.

III. — NOTES MATHÉMATIQUES. Très variées, très riches, très intéressantes; faciles à mettre à la place convenable, car en tête de chacune d'elles se trouvent indiquées les pages des volumes précédents auxquelles elles se rapportent.

1. *Sur la méthode « De Maximis et Minimis ».* Extrait d'un

mémoire de J. M. C. Duhamel sur la méthode des Maxima et des Minima de Descartes et sur la méthode des Tangentes de Fermat, avec une note complémentaire de MM. Brocard et Aubry.

2. *Sur le principe de la moindre action.* Deux extraits de M. Boussinesq.

3. *Sur une transformation imaginée par Fermat.* Note en italien, revue par l'auteur, M. Gino Loria, et publiée pour la première fois, en 1900, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (3e sér. t. 6, pp. 343-346).

4. *La quadrature de la Versiera.* Note de M. Brocard.

5. *Le dernier théorème de Fermat.* Il s'agit de la résolution en nombres entiers de l'équation

$$x^m + y^m = z^m$$

Cette note était probablement écrite et imprimée avant l'apparition du volume de M. Benno Lind sur le même sujet ; ce qui excuse certains oublis assez difficiles à expliquer sans cela. A la fin se trouvent les conditions de la célèbre fondation du prix Wolfskehl, à décerner par la Société des Sciences de Gottingue. (Voir dans le numéro d'octobre 1911 de la REVUE, notre compte rendu du livre de M. Benno Lind : *Ueber das letzte Fermatsche Theorem.* Leipzig et Berlin, Teubner, 1911).

6. *Un problème de triangles rectangles numériques.* Notes de Paul Tannery et de S. Roberts.

7. *Théorèmes sur les nombres polygones.* Notes de M. E. Maillet. Indications bibliographiques.

8. *Problème de la décomposition d'un rapport en* k *rapports de même forme.*

9. *Les problèmes de statique.* Extrait de M. Duhem.

10. *Les nombres amiables.*

11. *Les carrés magiques.* Par Edouard Lucas.

12. *Proposition connue sous le nom de Théorème de Fermat.* Notes et bibliographie des travaux concernant le théorème

$$a^{p-1} \equiv 1 \qquad \text{(Mod. p.)}$$

que l'on trouve sous le nom de *Théorème de Fermat*, dans tous nos traités d'arithmétique élémentaire.

13. *La série récurrente de Fermat. (Nombres de la forme* $2^n \pm 1$). Notes et bibliographie.

14. *Les nombres de Fermat de la forme* $2^{2^n}+1$. Notes et bibliographie.

15. *Problème de Fermat sur les triangles rectangles numériques*, par T. Pepin, S. J.

16. *Méthode de décomposition des grands nombres*, par M. C. Henry.

17. *Un problème de Frenicle sur les triangles rectangles en nombres*, par T. Pepin, S. J.

18. *L'équation dite de Pell*. Bibliographie.

19. *Un problème de Wallis*. Question 782 de l'Intermédiaire des Mathématiciens, posée par M. Tannery et réponse de M. Vacca. Il s'agit d'une série qui, d'après la lettre 16 du *Commercium epistolicum* de Wallis, fournirait la quadrature d'un segment d'hyperbole ; ce qui est reconnu être exact.

20. *Sur un porisme de Fermat*. Note historique intéressante relative à un problème de géométrie, en apparence fort simple, qui occupa Fermat et Euler.

21. *La méthode de « descente infinie ou indéfinie »*.

22. *Un théorème sur les nombres premiers de la forme* $4q+1$, par S. Realis..

23. *Un théorème sur le nombre* 7, par T. Pepin, S. J.

24. *Varia*. Trois petites notes. L'une d'elles rappelle que Fermat fit ses principales découvertes entre 1636 et 1641 ; sujet qui a été traité, en 1883, d'une manière approfondie, par M. Paul Tannery, dans le Bulletin des Sciences Mathématiques (2e série, t. 7), *Sur la date des principales découvertes de Fermat*.

25. *Sur l'histoire du calcul infinitésimal, pendant les années 1638-1639*, par M. Aubry. C'est à cette date, on se le rappelle, qu'eut lieu la célèbre querelle de Fermat sur la méthode *De Maximis et Minimis*, assez mal exposée, en 1864, par Duhamel, dans le tome 32 des Mémoires de l'Académie des Sciences. C'est aussi peu après cette querelle que les géomètres s'occupèrent de la quadrature de la cycloïde. C'est enfin, en 1639 encore, que fut publié le *Brouillon proiect* de Desargues.

26. *Méthode de Fermat pour la quadrature des courbes*, par M. Aubry.

27. *Liste des principales inventions numériques de Fermat*, par M. Aubry. L'auteur renvoie, pour chacune d'elles, aux pages des trois premiers volumes où elles se rencontrent. Les plus importantes sont accompagnées de courtes notices historiques.

28. *Notes bio-bibliographiques sur Fermat*. Article fort court,

mais très substantiel, publié par Paul Tannery, dans la *Grande Encyclopédie*, et complété ici par des indications bibliographiques.

IV. — Additions et Corrections. Ce n'est pas un simple *errata*. Ces *Additions et Corrections* renferment notamment les remarques écrites par Paul Tannery sur son exemplaire des *Œuvres de Fermat*.

V. — Table des matières et des auteurs cités dans les tomes I-IV.

Par ses recherches intelligentes dans les papiers laissés par son mari, Madame Paul Tannery a apporté une contribution importante à la composition de ce volume. Il n'est que juste de le signaler ici.

H. Bosmans, S. J.

II

Éléments de la théorie des intégrales abéliennes, par M. Tikhomandritzky, professeur émérite à l'Université impériale du Kharkow (Russie). Nouvelle édition, revue, corrigée, complétée de notes et en partie refaite entièrement. St-Pétersbourg. Imprimerie de A. Böhnke, 1911 (Tous droits réservés). In-8° de xv-286 pp. avec une planche. Prix : 14 francs (12 fr. pour les libraires). [En vente chez l'auteur, à Gatschina, près de St-Pétersbourg, rue Baggovoutowskaïa, 53, log. 2].

Les intégrales abéliennes sont les intégrales d'une fonction rationnelle quelconque de x et de y, y étant lié à la variable indépendante x, par une équation algébrique irréductible. Il n'existe sur la théorie des intégrales abéliennes qu'un petit nombre de traités ou de manuels, savoir ceux de C. Neumann (1865 et 1884), Clebsch et Gordan (1866), Briot et Bouquet (1879), Appell et Goursat (1895), Stahl (1896), Baker (1897), Ermakof (1897), Hensel et Landsberg (1902), les *Vorlesungen* de Weierstrass (1902), puis l'édition russe (1895) et l'édition française (1911) des *Éléments* de M. Tikhomandritzky dont nous venons de transcrire le titre. Il faudrait avoir passé bien des années à l'étude des intégrales abéliennes pour pouvoir comparer, en connaissance de cause, le livre du savant professeur de Kharkof aux ouvrages de ses prédécesseurs et aux mémoires originaux

des créateurs de la théorie des intégrales abéliennes. Heureusement, dans sa préface, M. Tikhomandritzky a lui-même indiqué les relations qu'il y a entre ses *Éléments* et les autres écrits sur la matière. Nous allons résumer cette préface très instructive qui est un vrai guide dans la *littérature abélienne,* si nous osons ainsi dire.

Fondée par Abel, la théorie des abéliennes a reçu un grand développement grâce aux travaux de l'illustre géomètre norvégien et de géomètres allemands, français, anglais, italiens. Citons, en Allemagne, Jacobi, Richelot, Göpel et Rosenhain ; puis surtout Riemann et ses disciples, Roch, C. Neumann, Königsberger, Prym, Krazer, Thomae ; ensuite Clebsch et Gordan et leurs continuateurs, Lindemann, Burkhardt et particulièrement Noether ; enfin Weierstrass, Schottky, Hettner, et aussi, dans une autre voie, Dedekind et H. Weber ; en France, en Angleterre et en Italie, Hermite, Briot et Bouquet, Raffy, Appell, Goursat, Picard, Poincaré, Elliot, Baker, G. Sanni.

Il faut distinguer cinq méthodes dans l'exposé de la doctrine des intégrales abéliennes.

La première, celle de Göpel et de Rosenhain est la plus éloignée de celle d'Abel, bien qu'elle en soit la plus rapprochée chronologiquement. Göpel et Rosenhain ont étendu aux fonctions abéliennes, la méthode de Jacobi pour les fonctions elliptiques qui prend les fonctions thêta pour point de départ. Malgré les travaux dans cette direction de maints des savants cités plus haut et tout récemment encore de Wirtinger, cette méthode ne pénètre pas aussi loin que les autres dans la théorie des abéliennes.

La seconde méthode, celle de Riemann, est basée sur la considération des surfaces à feuillets superposés qui portent son nom et sur le principe de Dirichlet. C'est la méthode la plus cultivée et la plus répandue. Elle est exposée presque sans calcul dans un mémoire célèbre de Riemann sur lequel Simart a écrit un très utile commentaire. Cette méthode admirable qui témoigne du génie inventeur de son auteur a le grand défaut de devoir emprunter à d'autres théories, la doctrine des fonctions thêta.

La troisième méthode est celle de Clebsch et Gordan, qui rattachent la théorie des intégrales eulériennes à celle des courbes algébriques. Grâce à ce rapprochement, Clebsch et Gordan arrivent assez naturellement, au moyen du théorème d'Abel, à des fonctions auxiliaires qui leur permettent de trouver les

propriétés des fonctions thêta. Mais la théorie de ces fonctions auxiliaires n'en est pas moins très difficile. Aussi Briot préfère, dans sa *théorie des abéliennes*, exposer directement la théorie des fonctions thêta, sans passer par les fonctions auxiliaires. Noether a considérablement perfectionné la méthode de Clebsch et Gordan, et l'a rapprochée de celle de Weierstrass. Malgré les progrès que la troisième méthode a fait faire à l'analyse et à la géométrie, elle est moins répandue que celle de Riemann et paraît à peu près abandonnée. Dès 1870, Clebsch a prédit à l'auteur de ces lignes que, malgré les apparences contraires, sa méthode et celle de Riemann avaient moins d'avenir que la quatrième méthode, celle de Weierstrass.

Les méthodes de Göpel et Rosenhain, de Riemann, de Clebsch et Gordan sont très éloignées des travaux d'Abel ; elles ont aussi moins de généralité, car pour arriver aux conclusions finales, on doit y introduire des restrictions diverses. La méthode de Weierstrass, longtemps moins connue que les précédentes, même en Allemagne, est la plus naturelle, la plus simple et la plus élégante et se rattache étroitement aux écrits d'Abel. Chez Weierstrass toute la théorie est basée sur une identité d'Abel, exposée dans son mémoire intitulé : *Petite contribution à la théorie de quelques fonctions transcendantes* et qui s'applique même à des fonctions plus générales. Noether a aussi démontré cette identité ; Weierstrass tire de cette identité une relation entre les intégrales de première et de deuxième espèce analogue au théorème de Legendre ($KE' + K'E - KK' = \frac{1}{2}\pi$), pour les intégrales elliptiques ; les intégrales normales de deuxième et de troisième espèce ; le théorème de l'échange des paramètres et des arguments pour les dernières ; les fonctions primaires *(Primfunktionen)* et l'expression, au moyen de celles-ci, des intégrales des trois espèces et toutes les fonctions rationnelles de l'irrationalité dont dépendent les intégrales. Il déduit de là, comme corollaire, le théorème d'Abel ; en partant d'un cas particulier de celui-ci, il arrive au problème de Jacobi et de proche en proche, d'une manière naturelle, à la théorie de la fonction thêta générale, à ses propriétés, à son développement en série.

Noether a retrouvé par des procédés géométrico-algébriques un grand nombre de ces résultats, obtenus par Weierstrass au moyen des séries. M. Tiskhomandritzky est parvenu à les établir beaucoup plus simplement dans la première édition (1895) (en langue russe) des *Éléments de la théorie des intégrales abéliennes*.

Dans cet ouvrage, l'auteur donne une exposition de la belle théorie de Weierstrass sous une forme simple, la plus proche possible des éléments d'analyse et il fait connaître les moyens d'étudier à fond directement chaque cas particulier. Il a recours aux surfaces de Riemann parce qu'elles fournissent un moyen commode d'indiquer les chemins d'intégration dont on doit parler ; mais il ne suppose aucune connaissance antérieure de ces surfaces. Somme toute, son livre, pour être compris, ne présuppose que la connaissance de l'algèbre supérieure, des éléments du calcul différentiel et du calcul intégral et de la théorie des fonctions d'une variable imaginaire.

Mais cette édition de 1895 des *Éléments de la théorie des intégrales abéliennes* de M. Tikhomandritzky est écrite en langue russe et, par suite, inaccessible à la plupart des géomètres. L'auteur a eu l'heureuse idée d'en donner une nouvelle édition en français, revue et augmentée. Dans les seize années qui séparent les deux éditions, il a paru divers traités sur la matière et les *Vorlesungen* de Weierstrass ont été publiées. M. Tikhomandritzky a profité de ces divers travaux pour faire lui-même de nouvelles recherches qu'il a incorporées dans son édition française.

Il n'a toutefois pu utiliser en rien l'ouvrage de Hensel et Landsberg (1902), parce qu'il repose sur la cinquième méthode (arithmétique) d'exposition de la théorie des intégrales abéliennes, celle de R. Dedekind et H. Weber ; cette méthode est très éloignée de la sienne et de toutes les autres. Pour la même raison, il ne s'est pas servi du livre de H. J. Baker (Cambridge, 1897), auquel il renvoie seulement pour la bibliographie des abéliennes.

En somme, M. Tikhomandritzky, dans ses *Éléments,* a débarrassé la théorie des intégrales abéliennes de toutes les difficultés étrangères au sujet, difficultés provenant des méthodes employées par les savants pour aborder cette théorie ; il en a exposé les principes sous une forme naturelle, simple et générale, en faisant connaître en même temps la théorie des fonctions thêta et celle des abéliennes ; son ouvrage est utile à ceux qui veulent se faire une idée nette de ces belles doctrines en marchant droit au but, sans dépenser beaucoup de temps et d'efforts pour les études préliminaires exigées dans les autres modes d'exposition ; utile aussi aux géomètres qui les ont étudiées par d'autres procédés, parce qu'elles renferment des recherches

originales de l'auteur. Voici, d'après la table des matières, le plan du livre :

Préface et table des matières (pp. I-XV). *Première partie* (algébrique). Introduction (pp. 1-4). Ch. I. Propriétés d'une fonction implicite, définie par une équation algébrique irréductible (pp. 5-63). Ch. II. Sur les fonctions rationnelles de la variable indépendante x et de sa fonction implicite y, définie par une équation algébrique irréductible (pp. 64-146). *Deuxième partie* (transcendante). Ch. III. Réduction des intégrales abéliennes aux intégrales des trois espèces ; les propriétés caractéristiques des intégrales de chaque espèce (pp. 147-160). Ch. IV. Fonctions primaires. Relations entre les périodes des intégrales (pp. 161-185). Ch. V. Expression d'une fonction rationnelle de x et y, uniforme sur la surface de Riemann, par les fonctions primaires. Théorème d'Abel (pp. 186-197). Ch. VI. Le problème de Jacobi (pp. 198-227). Ch. VII. Les fonctions thêta (pp. 228-277). Appendice au chapitre deuxième (pp. 278-282). Errata (pp. 283-286). Une planche relative aux surfaces de Riemann.

Dans une note de la Préface, l'auteur nous révèle l'existence d'une leçon de Jacobi sur les intégrales hyperelliptiques, où ce géomètre semble avoir deviné la possibilité d'une étude intuitive de ces fonctions, comme Riemann l'a fait plus tard. D'après M. Tikhomandritzky, cette leçon mériterait d'être publiée ; Kronecker partageait cet avis.

Souhaitons qu'un jour, un jeune géomètre, bien armé au point de vue de l'arithmétique et de l'algèbre supérieures, de l'analyse infinitésimale et aussi de la géométrie moderne, entreprenne de réunir, dans un exposé unitaire, tout ce que l'on a trouvé sur les abéliennes par les cinq méthodes dont parle M. Tikhomandritzky dans son livre : celui-ci est d'ailleurs déjà, jusqu'à un certain point, un essai très méritoire en ce genre, puisqu'il fait des emprunts à presque toutes les méthodes.

PAUL MANSION.

III

SCIENCE ET PHILOSOPHIE par JULES TANNERY, avec une notice par ÉMILE BOREL, Professeur à la Sorbonne, Sous-Directeur de l'École normale supérieure. — In-12 de XVI-336 pp. Prix : 3 fr. 50.

Jules Tannery, né à Mantes, le 24 mars 1848, fit ses études au lycée de Caen, entra en 1866 à l'École normale supérieure de Paris et fut reçu agrégé en 1869. Il fut d'abord professeur au lycée, à Rennes, puis à Caen; il revint en 1872 à l'École normale comme agrégé-préparateur de mathématiques ; deux ans après (1874), il subit les épreuves du doctorat. En 1875, il fut délégué dans une chaire de mathématiques spéciales au lycée Saint-Louis, puis suppléant à la Sorbonne de M. Bouquet dans la chaire de mécanique physique et expérimentale (1875-1880). En 1881, il fut nommé maître de conférences à l'École normale et trois ans plus tard (1884), sous-directeur des études scientifiques. Il conserva ces fonctions, sous d'autres noms, quand l'École normale, en 1904, fut réunie à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. Depuis 1882, il fut aussi maître de conférences à l'École normale supérieure de Sèvres pour l'enseignement secondaire des jeunes filles. En 1907, il fut élu membre libre de l'Académie des Sciences en remplacement de Brouardel. Jules Tannery fit partie d'une foule de commissions et de comités « dans lesquels l'élévation de son esprit et de son caractère et sa parfaite connaissance des hommes ont rendu des services éminents ». Le vendredi 11 novembre 1910, Jules Tannery a été enlevé à sa famille et à ses amis en quelques heures (1).

Jules Tannery a écrit un certain nombre de mémoires originaux sur des sujets d'analyse assez variés et a publié, avec M. J. Molk, des *Éléments de la théorie des fonctions elliptiques* (en quatre volumes in-8), qui sont avec l'ouvrage de Halphen l'un des traités les plus complets sur la matière. « Mais, disait-il, c'est les principes des mathématiques et la façon de les exposer qui m'ont surtout préoccupé ; je me suis particulièrement appliqué à méditer les fondements de l'analyse ; j'ai essayé d'en approfondir les principes. J'ai tourné mes efforts vers l'enseignement, la coordination et la divulgation des vérités acquises, bien plus que je n'ai cherché à en découvrir de nouvelles ».

Il avait été un très bon professeur au lycée : en quatre mois, à Caen, le cours de mathématiques spéciales, réduit aux choses essentielles, était terminé ; la moitié de l'année scolaire restait pour une revision accompagnée de nombreux exercices. Il fut aussi excellent maître de conférences à l'École normale supé-

(1) M. Borel ne donne aucune indication précise sur la maladie dont Tannery est mort.

rieure et à l'École de Sèvres. Son influence pédagogique y fut considérable et lui survivra, grâce à ses livres : *Leçons d'Arithmétique, Introduction à la théorie des fonctions d'une variable, Leçons d'algèbre et d'analyse,* et *Leçons sur la résolution algébrique des équations,* rédigées par Vogt, d'après ses conférences de l'École normale. Bien entendu, ces ouvrages, surtout le second et le quatrième, sont destinés aux maîtres qui doivent y trouver les fondements logiques des sciences qu'ils enseignent, non les donner aux élèves comme des manuels faits pour eux.

Tannery, qui s'intéressait surtout à la logique des sciences et à ce que l'on peut appeler leur métaphysique, avait songé à réunir en un volume l'ensemble de ses écrits philosophiques. Comme la mort l'a empêché de le faire, M. Borel a réalisé ce projet sur le plan même que Tannery avait conçu, en y ajoutant des extraits des nombreuses analyses d'ouvrages mathématiques publiées par l'auteur dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. De là le volume *Science et philosophie* que nous allons analyser.

Il est à regretter que l'on n'y ait pas reproduit l'étude intitulée : *De la méthode en mathématiques*, l'une des meilleures de celles qui ont été réunies dans le volume hybride et si inégal intitulé *De la méthode dans les sciences* (Première série, Paris, Alcan). Elle est supérieure, au point de vue philosophique, à tous les articles du présent volume, et à beaucoup de ceux qui composent le recueil *De la méthode dans les sciences.*

Nous allons passer en revue les divers mémoires, notes ou articles de *Science et philosophie,* en y joignant quelques observations critiques.

PREMIÈRE PARTIE. *Philosophie.* I. *La continuité et la discontinuité dans les sciences et dans l'esprit* (pp. 1-10). Beaucoup d'observations assez justes sur deux genres d'esprits, ceux qui voient fortement les différences des choses et ceux qui en voient surtout les ressemblances, les dogmatiques et les quasi-sceptiques. Malheureusement l'auteur s'avise incidemment de parler religion, sujet sur lequel il n'entend rien et il écrit : « Plusieurs poussent l'amour du discontinu, du décousu, jusqu'à croire au surnaturel, aux miracles. Ils sont volontiers catholiques ou protestants orthodoxes ! » Tannery évidemment ignore complètement les théories catholiques sur le surnaturel et les miracles qui forment un ensemble continu en soi et en harmonie avec le monde naturel.

II. *Du rôle du nombre dans les sciences* (pp. 11-39). Excellent

chapitre sur la vraie portée des mathématiques dans l'étude de la nature, où l'auteur s'inspire surtout des idées de M. Duhem.

III. *L'adaptation de la pensée* (pp. 40-67). Lettre à F. Le Dantec. Réfutation subtile et spirituelle des vues de Le Dantec sur la pensée comme épiphénomène des propriétés de la matière.

IV. *La philosophie de M. Henri Poincaré* (pp. 68-74). Quelques pages sur les deux ouvrages de l'illustre savant, *La science et l'hypothèse*, *La valeur de la science*. Ici et ailleurs, quand il s'agit des principes de la géométrie et de la mécanique, J. Tannery, comme Poincaré d'ailleurs, est moins précis, moins exact et moins bien renseigné que lorsqu'il s'agit d'analyse. Il n'a évidemment ni médité, ni même lu, ce que De Tilly a écrit sur la géométrie euclidienne ou non euclidienne, et n'est pas familier avec les vues de Jacobi et de Saint Venant sur la mécanique.

V. *Les principes des mathématiques*. 1. *Logistique et arithmétique*. 2. *Géométrie*. 3. *Mécanique* (pp. 75-127). Extrait de comptes rendus critiques d'ouvrages de de Pesloüan, Husserl, Lechalas ; Holder, Freycinet ; Freycinet, Andrade, Appell, Januschke, Calinon, Weiss. Ce chapitre n'est pas un des meilleurs du livre ; de plus, l'auteur nous y semble un peu partial : il consacre nombre de pages à des ouvrages de Freycinet sur la géométrie et la mécanique, où certes personne ne cherchera les vues les plus profondes des mathématiciens sur ces deux sciences, tandis qu'il n'analyse nullement l'*Étude sur l'espace et le temps* de M. G. Lechalas, qui est pleine de pensées : il se contente de critiquer l'antique raisonnement de Galilée et de beaucoup d'autres, sur l'impossibilité du nombre infini actuel que M. Lechalas y a introduit en le mettant sous une forme simple, dans un but de vulgarisation.

Les cinquante pages de ce chapitre, consacrées à une critique des principes de mathématiques renferment, bien entendu, à côté d'assertions contestables, maintes observations très justes, particulièrement sur l'arithmétique. Voici une jolie méchanceté à l'adresse des géomètres peu soucieux d'examiner la solidité de leurs principes : « Les mathématiciens sont si habitués à leurs symboles et s'amusent si volontiers au jeu de ces symboles, qu'il faut peut-être leur enlever leurs jouets pour les forcer à penser. »

VI. *La psychophysique* (pp. 128-161). Critique radicale très bien faite et très amusante de la prétendue loi de Fechner : *la sensation est proportionnelle au logarithme de l'excitation*, et d'autres propositions apparentées. Chapitre à lire par les

néopsychologues qui parfois ne se doutent pas que l'on ne peut additionner que des grandeurs homogènes.

Deuxième partie. *Enseignement et méthode.* VII. *Pour la science livresque* (pp. 163-179). La tendance à rabaisser la science devant la recherche scientifique a amené le mépris de ce que l'on a appelé la science livresque. Mais en réalité « la vraie science est la science livresque : c'est dans les livres et dans la pensée de ceux qui les ont étudiés qu'est décrit et réalisé le monde intelligible, lumineux et transparent qui laisse voir et fait voir le monde réel, en l'éclairant et le rapprochant de notre pensée. » Quand vous trouvez la science livresque imparfaite, « jetez le livre, réfléchissez, observez, expérimentez; vous trouverez peut-être; c'est à lui malgré tout que vous devrez d'avoir cherché là où il y avait à trouver. Ne le méprisez pas si vous ne voulez pas ignorer la vigueur d'invention qui éclate dans les œuvres magistrales et la puissante beauté qui les pénètre, si vous ne voulez pas recommencer des recherches qui ont été faites et bien faites, aboutir à des conclusions sans intérêt, qui ne continuent rien et ne contredisent rien, ou qui sont inutiles parce qu'elles se déduisent logiquement de ce qui était connu. » « Le livre est le plus commode et le moins coûteux des instruments pédagogiques. » « La vérité scientifique n'est pas faite pour être connue seulement de ceux qui l'accroissent ou l'utilisent. »

Ces pensées et d'autres connexes sont admirablement exposées dans ce beau chapitre *pour la science livresque.*

VIII. *Les mathématiques dans l'enseignement secondaire* (pp. 180-211). Critique très bien faite de l'enseignement des classes de mathématiques spéciales de France, préparatoires aux concours des grandes écoles, parce que le programme en est trop étendu ; critique des examens qui conduisent à ces écoles et qui déforment beaucoup d'esprits.

Une éducation vraiment générale doit comprendre les éléments de toutes les sciences, des sciences expérimentales comme des sciences mathématiques, celles-ci précédant les autres qui ne peuvent s'en passer que partiellement. Tannery en conclut, sans approfondir nullement cette grave question, qu'il faut, pour trouver le temps, abandonner résolument le grec et le latin : il croit que les études grecques-latines n'ont qu'un but esthétique (1). Tannery fait d'ailleurs très bien ressortir la valeur

(1) H. Poincaré arrive à une conclusion diamétralement opposée, dans la substantielle brochure : *Les Sciences et les Humanités* (Paris, Fayard) en se mettant au vrai point de vue, celui de la formation totale de l'étudiant.

éducative des mathématiques, mais sans faire remarquer qu'elle ne se fait sentir que dans le domaine des idées de grandeur.

En Belgique, on a heureusement évité les inconvénients signalés en France, en laissant entrer dans les écoles techniques, l'école militaire exceptée, tous ceux qui connaissent le programme de la classe de première scientifique ; celle-ci se superpose sans peine aux études grecques-latines. En outre, il existe dans nos Facultés des cours d'Algèbre et de Géométrie supérieures dont l'existence de la classe de mathématiques spéciales des lycées empêche la création en France.

IX. *De l'enseignement de la géométrie élémentaire* (pp. 212-249). Notice historique sur la critique des principes de la géométrie. — Ce que penserait Euclide ressuscité et doué du don des langues modernes de notre enseignement de la géométrie dans les lycées : il est trop peu intuitif. On devrait en revenir à une géométrie analogue à celle de Clairaut, non à un manuel comme celui de Véronèse et Gazzaniga ; — y introduire l'idée de mouvement comme Méray et d'autres vues de celui-ci ; — on devrait exposer à peu près par la méthode des indivisibles, les questions relatives aux volumes.

Nous trouvons très contestables presque toutes les vues méthodologiques de ce chapitre : dans les examens, les élèves médiocres, même travailleurs, ne parviennent pas à manier les prétendus axiomes sur le mouvement avec la même sécurité que les vieux raisonnements euclidiens ; quant aux bons élèves, ils sentent que ce sont des théorèmes à démontrer. Si Euclide revenait, il dirait avec Brioschi et Betti : « perfectionnez et simplifiez mes Éléments de géométrie, comme vous avez fait pour mes Éléments d'arithmétique et d'algèbre, *mais gardez-en l'esprit*. Mes postulats sont tout naturels et suggèrent la géométrie de Lobatchefski et celle de Riemann. »

Enfin, la notice historique sur la critique des principes de la géométrie est incomplète et par suite inexacte. Saccheri, qui est l'initiateur de cette critique, n'est pas nommé, non plus que De Tilly, qui y a joué un rôle autrement important que plusieurs des auteurs cités (1).

(1) A la page 236, sans rime, ni raison, Tannery introduit une calomnie de Pascal *(les jésuites supprimaient le péché en supprimant la défense)*. Quand les incrédules instruits sauront-ils que l'on ne peut se fier à Pascal quand il parle des Jésuites ? Il n'était pas documenté quoi qu'en dise Tannery (p. 77) et avait des lunettes jansénistes, qui l'empêchaient de voir clair, même sur des principes essentiels du christianisme. Voir l'édition des *Provinciales* de Maynard, celle des *Pensées* de Didiot.

X. *L'Arithmétique* (pp. 250-276). 1. Sur l'enseignement de l'arithmétique à l'École. 2. Sur un théorème d'arithmétique (le théorème fondamental de la théorie des nombres premiers).

Il y a une foule de bonnes observations méthodologiques dans le premier paragraphe. Dans le second, l'auteur justifie de son mieux une innovation assez indifférente qu'il a introduite dans son arithmétique à propos de l'ordre des premiers principes de la théorie des nombres. Deux remarques : 1° Contrairement à l'assertion de l'auteur (p. 266), on peut parfaitement employer l'expression *multiplier par 45 mètres*, c'est-à-dire composer avec le multiplicande, un nombre appelé produit, comme 45 mètres est composé avec 1 mètre (A. Goffin, 1864). 2° Il n'y a aucune raison d'exiger (p. 259) des enfants qu'ils fassent dans l'ordre logique, les diverses opérations nécessaires pour arriver à la solution d'un problème. Il faut, au contraire, leur permettre de les faire dans l'ordre qu'ils veulent : telle opération auxiliaire faite par eux au début de leur recherche de la solution leur rend beaucoup plus aisée la découverte du reste, quoique cette opération auxiliaire ne soit pas celle qui logiquement devrait venir la première.

XI. *L'Analyse* (pp. 277-285). 1. Préface de l'Introduction à la théorie des fonctions d'une variable. 2. Préface des leçons d'algèbre et d'analyse. 3. Un livre d'analyse (Éléments de mathématiques supérieures de Vogt, un des élèves de Tannery). — XII. *La Géométrie* (pp. 286-299). Analyse d'ouvrages de F. Klein, Duporcq, H. Müller, Geissler, d'Ovidio. — XIII. *Questions diverses d'enseignement et de méthode* (pp. 300-325). 1. Une enquête sur la méthode de travail des mathématiciens. 2. L'économie politique et les mathématiques. 3. La mathématique de C. Laisant. 4. Sur la définition des unités dérivées.

Ces trois chapitres renferment une foule de remarques intéressantes de méthodologie mathématique dont tout le monde peut faire son profit. L'auteur, à propos des *Premiers principes de géométrie moderne* de M. Duporcq, se demande comment on pourra introduire la géométrie projective dans l'enseignement mathématique, et il semble la croire inutile dans les hautes écoles techniques, « parce qu'elle est d'une médiocre utilité pour l'étude des éléments du calcul différentiel et intégral ». On a répondu pratiquement à cette question en Belgique. A Gand, à l'École du Génie civil et à la Faculté des Sciences, dès la première année, on enseigne et on apprend, sous une forme précise, les principes de la géométrie projective. Dans les années

suivantes, professeurs et élèves les utilisent de plus en plus aux cours de graphostatique et de stabilité des constructions, où leur emploi supprime de longs calculs. Il en est sans doute de même dans les autres Universités et l'on doit désirer que partout les cours de géométrie projective se développent à l'avenir aux dépens de ceux de géométrie descriptive pure et appliquée.

XIV. *Évariste Galois* (pp. 326-334). Discours prononcé à Bourg-la-Reine, où la municipalité a fait placer une plaque commémorative sur la maison où est né Galois. Ce discours est un vrai petit chef-d'œuvre : Tannery y rend hommage au grand géomètre de la manière la plus délicate, il donne une idée de ses travaux et il fait connaître ses défauts sans y appuyer et sans attaquer personne des prétendus persécuteurs de cet infortuné jeune homme.

Table des matières (pp. 335-336). Dans une prochaine édition, il serait utile d'indiquer, avec précision, où et quand ont paru les divers chapitres du volume et d'y joindre un index des noms et des matières.

Tel est le livre de J. Tannery. L'auteur connaît extrêmement bien les principes de l'arithmétique et de l'analyse, moins bien ceux de la géométrie et de la mécanique ; il est hésitant sur la certitude des résultats auxquels conduit l'application de la science du nombre aux sciences physiques, parce que le relativisme semi-sceptique issu de Kant a eu une mauvaise influence sur lui. Mais tel qu'il est, avec ses qualités et ses défauts, le recueil *Science et philosophie* mérite d'être lu et médité par tous ceux qui s'occupent de logique scientifique, de méthodologie mathématique ou de n'importe quelle science de la nature, car il est éminemment propre à faire réfléchir ceux qui l'étudieront sur les principes des mathématiques et sur les limites de leur applicabilité. Or, les mathématiques ont une importance sans cesse grandissante que les philosophes et bien d'autres savants ne peuvent continuer à ignorer : elles sont depuis longtemps la solide armature de la plus haute astronomie ; au XIXe siècle, elles ont envahi la physique tout entière ; depuis Gibbs et ses émules, elles ont pénétré en chimie avec la thermodynamique ; les recherches de Mendel, Jordan et de maints zoologistes ont fait dépendre de l'algèbre l'étude précise des notions d'espèce et de variété ; l'économie politique appelle les mathématiques à son secours pour formuler avec une approximation plus grande ses tendances et ses lois ; si les

tenants de la psychophysique les emploient de travers, c'est parce qu'ils en ignorent la vraie portée.

Tous ceux qui s'occupent de ces sciences diverses ont donc intérêt à lire *Science et philosophie*. Ils le feront d'ailleurs avec autant de plaisir que de profit; car nous devons faire remarquer ici avec M. Borel « quel écrivain admirable fut Tannery; lettré délicat, poète à ses heures, il alliait d'une manière singulièrement rare l'élégance et la pureté du style à la précision scientifique de la pensée. » Dans ses analyses d'ouvrages du *Bulletin des sciences mathématiques*, « sous une forme toujours courtoise, avec une ironie très douce et une finesse très enveloppée, il savait réunir l'exactitude détaillée du compte rendu, la sincérité du jugement, l'originalité des réflexions personnelles suggérées par l'œuvre analysée. » Plus d'une fois, comme l'a remarqué M. E. Picard, le livre dont il résume les vues fondamentales, n'est clair que dans son résumé.

La notice de M. Borel sur Tannery est aussi très bien écrite et vraiment digne de Tannery lui-même.

PAUL MANSION.

IV

NATURWISSENSCHAFTEN UND MATHEMATIK im klassischen Altertum von J. L. HEIBERG in Kopenhagen. In-12 cartonné de IV-102 pp. — Leipzig, B. G. Teubner, 1912. Prix : 1,25 marc.

Les spécialistes savent que les Grecs ont été directement ou indirectement, dans les sciences aussi bien que dans la littérature et l'art, les précurseurs et les maîtres de la culture européenne et par suite de la culture mondiale. Les personnes instruites ne l'ignorent pas en général, tant qu'il ne s'agit que du côté esthétique de la civilisation, mais le plus souvent elles ne se doutent pas qu'il en est de même au point de vue scientifique. C'est pourquoi M. Heiberg, si connu dans le monde des historiens des sciences par ses éditions d'Euclide, d'Archimède, d'Apollonius et de Ptolémée, en vue de combattre cette ignorance, a cru devoir écrire le résumé de l'histoire des sciences mathématiques, physiques, biologiques et médicales dans l'antiquité que nous annonçons.

Sommaire. 1. (pp. 1-5) La philosophie ionienne de la nature

(Thalès, Héraclite, Anaximandre, Anaxagore, Leucippe, Démocrite). 2 (pp. 6-10). Les pythagoriciens (Hecatée, Herodote, Pythagore, Philolaus, Œnopide; création des mathématiques; Parménide, Empédocle). 3 (pp. 11-20). La médecine au ve siècle (Hippocrate de Cos, ses précurseurs et ses continuateurs). 4 (pp. 21-24). Les mathématiques au ve siècle (Théodore de Cyrène, Hippocrate de Chios, Hippias d'Elis, Méton). 5 (pp. 25-31). Platon, l'Académie (Léon, Theudios, Théétète, Eudoxe, Archytas, Ménechme, Léodamas, rien sur Dinostrate; le système des sphères homocentriques; le médecin Dioclès). 6 (pp. 32-41). Aristote et les peripatéticiens (Théophraste, Ménon, Eudème, Aristoxène, Calippe; les progrès de la biologie; géographie: Aristobule, Megasthènes, Néarque; Dicéarque; Autolycus, Héraclide du Pont, Straton de Lampsaque). 7 (pp. 42-65). La période alexandrine (Démétrius de Phalère, Aristophane de Byzance, Hérophyle de Chalcédoine, Érasistrate, Eudème; Euclide, Archimède, Apollonius, Nicomède, Ctesibius, Eratosthènes; Aristarque de Samos, Hipparque). 8 (pp. 66-72). Les Épigones (progrès de la médecine, de la biologie, de l'astronomie, des mathématiques. Pénétration de l'astrologie en Grèce. Théodosius, Zénodore, Hypoiclès, Perseus, Dioclès, Géminos; Strabon et autres géographes, Posidonius). 9 (pp. 73-77). Les Romains (Varron, Frontin, Censorinus, Pline, Celse, Pomponius Méla). 10 (pp. 78-97). La littérature scientifique grecque sous les empereurs. Byzance (Nicomaque, Héron, Ménélaus, les deux Théon, Ptolémée; l'alchimie grecque; Pappus, Diophante, Hypathie, Proclus; les grands architectes byzantins; la médecine et la biologie, Galien, Dioscorides; Planude). 11 (pp. 98-100). Indications bibliographiques extrêmement bien choisies. 12 (pp. 101-102). Index.

Les appréciations de M. Heiberg sur les auteurs cités sont, en général, objectives, sauf lorsqu'il s'agit de métaphysique et de religion : les Grecs ont pourtant aussi été les maîtres de l'Europe en philosophie et en théologie. La première page de son excellent petit livre est déparée par cette assertion étonnante que la cosmogonie d'Hésiode est de beaucoup supérieure à l'histoire de la création de la Génèse. La dernière phrase du dernier chapitre est singulière aussi : « Tous les fondateurs de la science moderne, Galilée, Copernic, Giordano Bruno, Newton aussi bien que Vésale ont appris des Grecs non seulement des données scientifiques spéciales, mais surtout ce qu'est la science ». On est étonné de trouver G. Bruno, qui n'a rien inventé, placé à

côté de Newton. Nous aurions mis, dans l'ordre chronologique : Copernic, Viète, Stévin, Gilbert, Galilée, Képler, Descartes, Fermat, Huygens, Newton, Leibniz, et à part, Vésale, Harvey, et peut-être Agricola et quelque botaniste de la Renaissance.

P. M.

V

Précis d'optique publié d'après l'ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll. Préface de Paul Langevin. Tome II, *Optique électromagnétique. Optique énergétique.* Un vol. grand in-8° de 362 pages, avec 64 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

En rendant compte, dans cette Revue (1), du premier volume de ce *Précis d'Optique*, nous avons indiqué le programme qu'il embrasse, l'esprit dans lequel il est conçu, et insisté sur ses mérites excellents ; c'est, au fond, le *Lehrbuch des Optik* de Drude, élargi, complété et mis à jour avec la précision et la clarté des meilleurs traités français.

Rappelons que le premier volume comprend l'*Optique géométrique* ou des *rayons* lumineux, où sont exposées les lois générales et les idées directrices de l'optique technique ; et l'*Optique ondulatoire* consacrée aux phénomènes d'interférence, de diffraction et de polarisation dont l'étude se ramène à la considération d'un vecteur transversal et doublement périodique — dans le temps et dans l'espace — sans qu'on ait à se préoccuper de la nature de ce vecteur. Le premier volume conduit donc le lecteur jusqu'au point où l'achèvement de la synthèse des phénomènes lumineux et leur rapprochement avec d'autres phénomènes physiques analogues, rendent nécessaire le recours à une hypothèse d'interprétation.

Le choix de cette hypothèse ne s'impose pas absolument, mais il n'est pas indifférent à une bonne classification des phénomènes, à la coordination des lois expérimentales, à la commodité de leur application et à la synthèse générale de la physique.

Deux théories surtout ont retenu successivement l'attention des physiciens : la *théorie mécanique* — celle de Huygens, Young,

(1) Revue des Quest. scient., 3e série, t. XX, 20 juillet 1911, p. 288.

Fresnel et de leurs continuateurs — qui range l'Optique, à la suite de l'Acoustique, dans l'étude des mouvements au sein d'un milieu élastique ; et la *théorie électromagnétique* — celle de Maxwell et de Hertz — qui fusionne les domaines de l'Optique et de l'Électricité.

La *théorie mécanique* est née des analogies très nettes que l'observation découvre entre les phénomènes lumineux et les phénomènes sonores, et dont la théorie rend compte en les rattachant tous à une même équation différentielle représentant à la fois la propagation de la lumière et celle du son.

Mais les analogies, comme les comparaisons, sont boiteuses ; une première différence essentielle sépare le son de la lumière : tandis que le son a pour support les milieux matériels et que le vide est muet, la lumière traverse les espaces privés de matière pondérable mieux encore que ceux qui en sont remplis. Pour pouvoir poursuivre la comparaison entre ces deux ordres de phénomènes et sauver la *théorie mécanique,* les physiciens ont donc dû combler hypothétiquement le vide et y installer un milieu doué de propriétés mécaniques : une élasticité énorme et une densité extrêmement faible ; les propriétés du solide, pour qu'il puisse propager les ondulations lumineuses transversales, et celles des fluides parfaits, pour permettre aux corps célestes de s'y mouvoir sans rencontrer de résistance. On a donné à ce milieu le nom d'Ether. Dans cette conception, le vecteur lumineux est l'élongation périodiquement variable d'une particule de cet éther à partir de sa position d'équilibre.

La *théorie mécanique* a rencontré, dans son développement, des difficultés considérables qui ont été vaincues de diverses façons, au prix d'hypothèses subsidiaires variées ; de là l'existence de plusieurs *théories mécaniques* différentes, formant chacune un ensemble cohérent et logique, mais qu'il faut se garder de mélanger. Ainsi, pour que la théorie reste d'accord avec les observations sur la lumière réfléchie et en particulier avec la loi de Brewster, on doit admettre que soit la *densité*, soit l'*élasticité* de l'Ether lumineux reste toujours constante, et l'on obtient dans un cas la théorie de F. Neumann, dans l'autre celle de Fresnel. De la première de ces théories, il résulte que le déplacement d'une particule d'éther, dans une lumière polarisée rectilignement, a lieu dans le plan de polarisation, tandis que, d'après Fresnel, il se produit dans un plan perpendiculaire.

On a travaillé au développement de ces théories jusqu'au jour où des vues de Faraday, étudiées théoriquement par Maxwell et

confirmées expérimentalement par Hertz, ont fait découvrir non plus une simple analogie, mais l'identité entre l'onde lumineuse et l'onde électromagnétique : toutes deux se ramènent à une suite de courants alternatifs — sortes de vibrations électriques — qui se produiraient dans les diélectriques et même dans l'air ou le vide interplanétaire et qui changeraient de sens un très grand nombre de fois en un temps très court. L'induction énorme due à ces alternances fréquentes, produit d'autres courants alternatifs dans les parties voisines du champ qui s'étend de proche en proche, et c'est ainsi que les ondes électromagnétiques et les ondes lumineuses se propagent, la seule différence entre ces deux genres d'ondes ne portant que sur leur longueur.

Pour interpréter le vecteur lumineux, on a le choix entre l'intensité magnétique ou l'intensité électrique du champ d'induction, toutes deux périodiquement variables et normales entre elles dans les ondes planes palarisées rectilignement; et l'on retrouve ainsi le double aspect des théories mécaniques, celle de Fresnel et celle de Neumann, relatif à la position du vecteur lumineux par rapport au plan de polarisation.

En résumé, au vieil éther lumineux, doué de masse et de rigidité, on substitue un nouvel éther, sans propriétés mécaniques, privé de masse et de rigidité *au sens mécanique*, mais qui, par contre, est doué de propriétés électromagnétiques, *analogues* à celles qu'on lui a enlevées.

« Le seul reproche sérieux que l'on peut faire (aux théories mécaniques), écrit M. Boll, et qui a été la cause de leur décadence, c'est qu'elles restent muettes sur les rapports entre l'optique et l'électricité-magnétisme (identité de la vitesse des ondes optiques et électromagnétiques, phénomène de Zeeman, etc.). La théorie électromagnétique permet de grouper un bien plus grand nombre de phénomènes, tout en se présentant d'une manière plus naturelle : elle est plus générale et par suite plus commode... »

Ses avantages résident essentiellement dans les quatre points suivants :

« 1° La transversalité des ondes résulte directement de la représentation des phénomènes électromagnétiques de Maxwell.

» 2° Les équations de passage sont identiques à celles qui sont satisfaites dans tout champ électromagnétique. On n'a pas besoin, comme dans la théorie mécanique, d'échafauder des hypothèses particulières aux phénomènes lumineux.

» 3° *La vitesse de la lumière dans le vide, et aussi dans un grand nombre de corps matériels, peut se déduire à l'avance de mesures purement électromagnétiques.* Ceci constitue l'*avantage essentiel* de la théorie électromagnétique sur la théorie mécanique, et ce point fut décisif pour le succès de l'hypothèse de Maxwell. Cette théorie constitue un réel progrès dans la connaissance des phénomènes, puisque deux parties de la physique, tout d'abord si différentes, comme l'optique et l'électricité, se joignent par suite d'expériences quantitatives très précises.

» 4° Enfin.... la théorie électromagnétique a permis de prévoir et d'interpréter différents phénomènes électroptiques et magnétoptiques...

» L'ensemble de ces considérations montre la fécondité de la théorie électromagnétique. »

Il permet aussi de constater que le but de la science consiste, non dans l'explication ultime des phénomènes, mais dans leur description et leur classification de plus en plus compréhensive et commode.

Quelle que soit la théorie que l'on adopte, « toutes les lois et tous les résultats énoncés précédemment sont indépendants du point de départ de cette théorie ; ils restent les mêmes quelle que soit l'interprétation qu'on donne au vecteur lumineux et à l'équation différentielle de propagation. »

C'est aux principes de la théorie électromagnétique et aux développements de leurs conséquences les plus importantes que M. Marcel Boll consacre la partie principale et la plus étendue du second volume de son livre.

Voici un aperçu de la table des matières :

Troisième partie. *Optique électromagnétique* : Ch. I. Equations fondamentales de Maxwell-Hertz. — Ch. II. Propagation de la lumière dans les corps isotropes. — Ch. III. Réflexion et réfraction par les corps isotropes. — Ch. IV. Propagation de la lumière dans les corps anisotropes. — Ch. V. Réfraction, réflexion et interférences par les cristaux. — Ch. VI. Extinction. — Ch. VII. Dispersion et absorption.—Ch. VIII. Rotation naturelle.—Ch. IX. Phénomènes électro- et magnéto-optiques. — Ch. X. Optique des corps en mouvement.

La quatrième et dernière partie du *Précis*, intitulée *Optique énergétique*, comprend l'étude des propriétés thermo-dynamiques des radiations. Kirchhoff a ouvert la voie à ce genre de recherches par l'énoncé de sa loi sur le rayonnement des corps ; de nombreux physiciens y sont entrés, surtout dans ces der-

nières années, et sont parvenus à tirer d'importantes conséquences des deux principes de l'énergétique.

Dans un premier chapitre, M. Boll rappelle les notions essentielles de thermodynamique ; il traite, dans le chapitre suivant, de l'énergie rayonnante et de sa mesure, et dans les deux derniers chapitres, du rayonnement purement thermique et de la luminescence.

Toute cette partie touche à des problèmes actuels et très importants qui intéressent à la fois la physique générale et l'astronomie et qu'a renouvelés l'hypothèse des électrons.

N. N.

VI

Passage de l'électricité a travers les gaz, par Sir J.-J. Thomson. Traduit d'après la deuxième édition anglaise, par R. Fric et A. Faure. Un vol. grand in-8° de 694 pages, avec 209 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

C'est en 1903 que parut la première édition du magistral ouvrage du professeur J.-J. Thomson, *Conduction of Electricity through Gases :* il y exposait les recherches, déjà nombreuses, faites dans un domaine nouveau de la physique, domaine que l'auteur avait fait sien et dont il était et est resté l'un des plus heureux explorateurs. Ce fut l'occasion d'une activité plus grande dans l'étude de l'ionisation des milieux gazeux et des multiples problèmes qui s'y rattachent et en découlent. Une seconde édition notablement augmentée du livre du professeur J.-J. Thomson devint bientôt nécessaire ; elle parut en 1906. C'est de cette seconde édition que MM. R. Fric et Faure nous donnent aujourd'hui une excellente traduction.

« L'intérêt considérable qui s'attache à l'heure actuelle aux questions qui y sont exposées, écrivent les traducteurs, nous a engagés à entreprendre ce travail... Cet intérêt est encore accru par la haute autorité scientifique de l'auteur qui, comme chef d'une des écoles les plus actives, a plus que tout autre contribué à l'édification et à la vérification expérimentale des théories qui y sont exposées. »

M. J.-J. Thomson a voulu présenter lui-même cette traduction

aux lecteurs français, dans une préface que nous reproduisons ici :

« Peu de chapitres de la physique touchent à des problèmes aussi fondamentaux que celui qui traite de la décharge électrique à travers les gaz. Des points de vue qu'il découvre, on voit se présenter, sous leur aspect le plus simple et le plus facile à étudier, les problèmes qui se rattachent à la nature de l'électricité, aux relations entre l'électricité et la matière, à la structure de la lumière, au mécanisme de la conductibilité électrique.

» De même, les méthodes que l'étude de ces questions a fait naître nous permettent de déterminer et d'identifier des quantités de matière de beaucoup inférieures à celles que permet d'atteindre l'analyse chimique et d'étudier des associations d'atomes et de molécules dont l'existence est beaucoup trop brève pour être mise en évidence par des méthodes chimiques. Nous avons ainsi un moyen sans rival pour l'étude des processus suivant lesquels s'effectue la combinaison chimique, problème dont on ne peut estimer assez l'importance.

» Bien que, pour beaucoup, l'intérêt principal de ce sujet réside dans la lumière qu'il projette sur les problèmes dont nous parlions plus haut, il ne faut pas oublier qu'il présente une autre face. Les applications de l'arc électrique et des autres modes de décharge, l'emploi en médecine des rayons de Röntgen et les combinaisons chimiques provoquées dans les gaz par la décharge ont, en effet, une importance pratique.

» J'espère que cette traduction de mon ouvrage sur la décharge électrique dans les gaz contribuera à provoquer l'étude de ces questions qui doivent déjà tant aux travaux des physiciens français. »

Voici les titres généraux des chapitres qui se partagent l'ouvrage :

Ch. I. Conductibilité électrique des gaz à l'état naturel. — Ch. II. Propriétés d'un gaz conducteur. — Ch. III. Théorie mathématique de la conductibilité électrique d'un gaz renfermant des ions. — Ch. IV. Effet produit par un champ magnétique sur le mouvement des ions. — Ch. V. Détermination du rapport de la charge à la masse d'un ion. — Ch. VI. Détermination de la charge transportée par l'ion négatif. — Ch. VII. Sur quelques propriétés physiques des ions gazeux. — VIII. Ionisation par les solides incandescents. — Ch. IX. Ionisation dans les gaz des flammes. — Ch. X. Ionisation par la lumière. Effets photoélectriques. — Ch. XI. Ionisation par les rayons de Röntgen. — Ch. XII. Rayons émis par les substances radio-actives. — Ch. XIII. Pouvoir ionisant des éléments en général. — Ch. XIV. Ionisation due à une action chimique, au barbotage de l'air à travers l'eau et à l'éclaboussement des gouttes. — Ch. XV. Décharge disruptive. — Ch. XVI. Décharge à travers les gaz à basse

pression. — Ch. XVII. Théorie de la décharge à travers les gaz à basse pression. — Ch. XVIII. Arc électrique. — Ch. XIX. Rayons cathodiques. — Ch. XX. Rayons de Röntgen. — Ch. XXI. Propriétés des corps chargés en mouvement.

Une table alphabétique des matières et des noms propres rend l'usage du volume très facile.

M. J.-J. Thomson épuise le sujet qu'il s'est proposé d'étudier et que rappelle très bien le titre de son livre, mais sans en sortir pour s'étendre sur les bénéfices qu'ont recueillis, de ces théories nouvelles, d'autres parties de la physique.

L'ouvrage de M. Thomson est trop avantageusement connu pour qu'il faille rappeler ici les qualités qui le distinguent. Livre d'initiation et d'étude approfondie, guide expérimental et traité théorique, il est aussi un manuel de références, très riche de renseignements historiques et d'indications bibliographiques.

N. N.

VII

Mémoires sur l'Électricité et l'Optique, par A. Potier, publiés et annotés par A. Blondel, avec une préface de Henri Poincaré. Un vol. grand in-8° de xx-330 pages, portrait hors texte et nombreuses figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1912.

« Ancien élève de Potier, lié à lui depuis plus de vingt ans par une reconnaissance et quasi filiale affection, j'ai considéré comme un pieux devoir d'élever à sa mémoire un monument durable en recueillant ses Mémoires épars pour qu'ils soient facilement accessibles à tous (1). »

Tous les travaux de Potier ne figurent pas dans ce Recueil : de ses cours de Physique à l'École Polytechnique et à l'École des Mines, M. Blondel s'est borné à extraire un chapitre, remarquable par la concision et la simplicité de l'exposé, sur la *théorie électromagnétique de la lumière* — Potier, on le sait, fut en France « l'introducteur et le grand champion des théories de Maxwell » — et une leçon sur les *diagrammes de fonctionnement des transformateurs à courants alternatifs et des moteurs asynchrones.*

(1) Avertissement, p. xi.

Les publications de Potier relatives à la Géologie sont également absentes. Mais on trouve, en appendice, le résumé de tous les travaux non reproduits, et la liste complète des notes présentées à l'Académie des sciences.

Le Recueil a été divisé en trois parties respectivement intitulées : *Électricité théorique, Électrotechnique* et *Optique*. La première partie contient surtout des Mémoires de Physique mathématique qui intéressent avant tout les professeurs de Physique. La seconde partie, la plus importante, groupe une série de travaux remarquables que les ingénieurs aussi bien que les physiciens qui s'occupent de machines électriques consulteront toujours avec le plus grand fruit. Enfin, la troisième partie est précédée d'une introduction retrouvée dans les papiers de Potier et qui résume le but de ses recherches exposées dans les mémoires qui suivent : fondre les théories partielles de Fresnel en une théorie générale satisfaisant à toutes les expériences, sans intervention d'ondes longitudinales, introduites par Cauchy et autres auteurs.

« Bien que les Mémoires sur l'optique aient été les premiers en date et, à certains égards, les plus remarquables, ils viennent ici en dernière ligne, parce que l'auteur s'est, au cours de sa carrière, plus spécialement attaché à l'Électricité.

» C'est donc surtout aux électriciens que s'adresse ce Recueil. C'est parmi eux, du reste, que Potier est le mieux connu, à la fois par ses travaux d'Électrotechnique, qui ont occupé toute la dernière partie de sa vie, et par les conseils éclairés qu'il n'a cessé de prodiguer, avec un admirable désintéressement, à tous les physiciens ou industriels qui le consultaient sur les principes ou les applications de la Science électrique. »

Une préface d'Henri Poincaré, résume admirablement l'œuvre et la vie de Potier. Nous ne pouvons mieux faire que de consigner ici ces pages éloquentes.

« La Science et l'Industrie françaises ont fait, à la mort de Potier, une perte irréparable, qui sera ressentie longtemps par tous ceux qui s'intéressent soit à la science pure de l'Électricité, soit à ses applications industrielles.

» L'élévation et la justesse de son esprit lui avaient acquis une juste autorité dans tout ce qui touche à la philosophie naturelle ; sa bienveillance, sa modestie, son indifférence aux honneurs, la droiture de son caractère le faisaient aimer et estimer de tous ; enfin, dans ses derniers temps, la tranquille sérénité avec laquelle

il supportait de cruelles épreuves physiques, l'effort incessant qui maintenait son âme debout sur les ruines de son corps, nous faisaient admirer son courage comme nous admirions déjà son talent.

» Né le 11 mai 1840, Potier était entré à Polytechnique en 1857, âgé de 17 ans seulement, déjà licencié ès sciences mathématiques ; il en sortit, deux ans après, comme Élève-Ingénieur des Mines.

» Il devait y rentrer, en 1881, comme Professeur et y poursuivre, dans un admirable désintéressement, ses principaux travaux scientifiques. Ceux-ci lui valurent, en 1891, l'honneur de succéder à M. Edmond Becquerel à l'Académie des sciences, juste hommage rendu par l'Institut à sa valeur et à son caractère. Déjà, dès 1884, la Société de Physique l'avait élevé à la présidence, et la Société internationale des Électriciens lui décerna le même honneur en 1895. La croix d'officier de la Légion d'honneur avait récompensé ses travaux éminents, comme membre ou comme rapporteur, dans tous les jurys d'électricité des grandes Expositions : 1878, 1881, 1889. Il avait dû celle de chevalier à des services d'un tout autre genre et qui ne l'honoraient pas moins, ceux qu'il avait rendus pendant la guerre de 1870 : Capitaine auxiliaire du Génie, et profitant de sa connaissance approfondie des carrières du département de la Seine, il s'était distingué dans plusieurs combats et reconnaissances aux environs de Paris, notamment le jour du combat de Bagneux. Peu de ceux qui le connurent plus tard soupçonnèrent l'origine glorieuse du ruban rouge à la boutonnière de ce Physicien, d'extérieur si calme, et dont l'esprit, souvent distrait, semblait planer toujours dans les hautes régions de la Science.

» Potier a fait peu de travaux expérimentaux, et ceux qu'il a faits ont toujours été entrepris dans le but d'élucider quelques difficultés soulevées par ces recherches théoriques. Ses écrits doivent donc le faire ranger parmi les théoriciens...

» Ses premiers travaux se rapportent à l'optique, où, après les découvertes de Fresnel, il restait un travail de coordination à accomplir. Les théories partielles de Fresnel, si fécondes entre ses mains, n'étaient pourtant pas toujours, ni complètes, ni tout à fait satisfaisantes pour l'esprit, ni immédiatement conciliables entre elles. Celle de la réflexion en particulier donnait prise à bien des objections. En partant d'une hypothèse très simple et féconde, en supposant que le passage d'un milieu à un autre ne se fait pas d'une façon brusque, mais par une couche de

transition très mince, Potier a non seulement écarté les dernières objections, mais rendu compte de la polarisation elliptique observée dans la réflexion sur les corps transparents, phénomène qui avait vainement exercé la sagacité de Cauchy. Il a confirmé d'ailleurs par diverses expériences ses prévisions théoriques.

» L'étude expérimentale de la réflexion métallique, soit par le moyen des anneaux colorés, soit par divers procédés d'interférence, est venue à l'appui de ces premières recherches.

» Sarrau avait proposé d'expliquer la double réfraction par une constitution périodique du milieu cristallin, en accord avec les idées de Bravais. Potier a développé cette explication par une analyse complète, d'où l'on pourra d'ailleurs tirer parti dans bien d'autres branches de la Physique mathématique.

» Une question des plus délicates a également occupé Potier. L'aberration des étoiles fixes et les expériences de Fizeau nous montrent que l'éther n'est pas entraîné par la matière; comment se fait-il alors que ce mouvement relatif de l'éther et du globe terrestre ne puisse être mis en évidence par aucune expérience d'optique? Potier a fait faire à cette question un pas considérable; il a fallu attendre Lorentz pour qu'elle en fît un nouveau qui nous a tellement rapprochés de la solution que nous la touchons presque.

» Les rapports de l'Optique et de l'Electricité devaient naturellement attirer l'attention de Potier, qui a beaucoup contribué à populariser Maxwell en France...

» Dans le domaine électrique proprement dit, nous devons citer en première ligne les services qu'il a rendus à l'Exposition de 1881, dans les discussions qui ont précédé le choix d'un système d'unités électriques et dans l'étude expérimentale détaillée des appareils exposés. Nous mentionnerons ensuite ses recherches sur la théorie de la pile, sur la détermination de l'équivalent électrochimique de l'argent. Ce sont là des résultats théoriques, mais il y en a d'autres qui intéressent plus directement l'industriel, comme ceux qui se rapportent aux machines à courant continu et à réaction d'induit.

» Enfin, il a publié plusieurs Mémoires sur la Thermodynamique, divers Cours didactiques, et il a complété par des Notes la traduction du grand Traité de Maxwell. Joignons à cette liste ses travaux sur la Géologie : il avait été attaché dès 1868 au service de la carte géologique.

» Potier a rendu aussi au Corps des Mines d'inappréciables

services, non seulement par son enseignement à l'École des Mines, mais par ses travaux géologiques. Il était, en effet, aussi estimé des géologues que des physiciens...

» On voit qu'il a touché à toutes les parties de la Physique, et pourtant ne parler ici que de ses écrits, ce serait donner de son rôle une idée incomplète et fausse.

» Il était de ces hommes qui sont plus grands que leur œuvre, dont l'influence vivera plus longtemps que le nom, de ces hommes aussi qui font moins qu'ils ne font faire. Son action sur tous les physiciens qui l'ont connu, fut très grande; elle fut constante et très fructueuse.

» Et d'abord il a agi par son enseignement ; à l'École Polytechnique.... son cours, très substantiel, bourré de faits, imprégné de l'esprit expérimental, fut admiré de tous les élèves ; quelques-uns, il faut l'avouer, le trouvaient trop complet. Est-ce là un reproche ?... Il enseignait aussi à l'École des Mines; il fit d'abord le cours de Physique générale aux jeunes gens qui se préparent à l'examen d'entrée ; puis, quand on ajouta au programme des leçons d'électrotechnique industrielle, sa compétence toute spéciale les lui fit naturellement confier.

» Mais ce n'était pas seulement sur ses élèves que son action s'exerçait ; il n'était pas un physicien qui ne fût heureux de venir lui demander conseil ; dans tout ce qu'on a fait en France depuis vingt ans, il y a une parcelle de sa pensée. Dans son cabinet, à côté du savant qui venait lui soumettre une question de science spéculative, on rencontrait l'industriel qui le consultait sur une difficulté pratique, sur un enroulement d'induit ou une distribution.

» Le mal qui l'a tué et qui dura douze ans, fut lent et cruel ; l'envahissement de la maladie était lent et continu, les crises, d'année en année, plus fréquentes. Mais son âme était plus forte que l'aveugle puissance d'un mal brutal, elle ne plia pas. Tout ce qu'il avait aimé autrefois, il continua à s'y intéresser de plus en plus dans les moments de répit que lui laissait la souffrance. Et dans ce corps, de jour en jour plus chétif, l'intelligence restait toujours aussi lumineuse. Telle une forteresse dont les remparts s'en vont pièce à pièce sous les obus ennemis et que l'énergie d'un chef fait encore redoutable. Quelques semaines avant sa mort, il me demandait des livres de mathématiques pour entreprendre une étude nouvelle pour lui. Jusqu'au dernier jour, il nous a montré que la pensée est plus forte que la mort.»

A ce témoignage d'admiration de l'illustre géomètre, ajoutons celui d'un savant géologue. A. de Lapparent a donné un exposé remarquable des travaux géologiques de Potier dans la Notice nécrologique qu'il lui a consacrée dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE (4e série, VI, 1906, 315). « Il est presque merveilleux, écrit-il, qu'il puisse se trouver des savants capables d'exceller en n'importe quelle matière et de se montrer, dans tous les domaines où leur activité pénètre, des maîtres incontestés. Ce privilège, nul ne l'a possédé de nos jours à un degré plus éminent qu'Alfred Potier ; et, de plus, par une rencontre bien peu commune, sa maîtrise a eu ce caractère de s'exercer avec d'autant moins de bruit qu'elle était plus unanimement acceptée. Dédaigneux de se faire valoir, fuyant systématiquement toute manifestation extérieure, indifférent à tout ce qui n'était pas le travail pur, il a, par la seule vertu de son mérite, provoqué partout un tel courant d'estime et d'admiration que la justice de ses contemporains n'a jamais failli à ce qu'elle lui devait; et c'est à qui, parmi eux, s'empressera de revendiquer son nom à l'honneur de chacune des spécialités où son étonnante activité scientifique a laissé des traces. »

N. N.

VIII

NOTES SUR LA PHYSIQUE ET LA THERMODYNAMIQUE, par E.-H. AMAGAT, extraites des Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Un vol. grand in-8° de II-146 pages, avec 14 figures et une planche hors texte. — Paris, A. Hermann et fils, 1912.

« J'ai réuni dans ce fascicule, écrit l'auteur dans la préface, celles de mes notes parues aux COMPTES RENDUS de l'Académie des sciences, qui ne font point partie des mémoires que j'ai publiés de 1872 à 1893 dans les ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, mémoires qui sont tous relatifs à la Statique des fluides, sauf celui qui contient mes recherches sur l'élasticité des solides et la compressibilité du mercure.

» Les notes qui suivent, sauf quelques-unes déjà anciennes, ne comportent aucune partie expérimentale, ayant été faites durant mon séjour à Paris, période pendant laquelle les circonstances ne m'ont pas permis de continuer mes travaux de labo-

ratoire ; c'est pourquoi on trouvera notamment à propos des lois générales des chaleurs spécifiques et les pressions intérieures, certains points qui n'ont pu être terminés faute de données expérimentales.

» L'étude des chaleurs spécifiques au voisinage de la courbe de saturation présente à plusieurs points de vue un intérêt considérable. En particulier, le calcul de la différence entre la chaleur spécifique à l'état liquide à saturation et la même chaleur spécifique à l'état de vapeur saturée à la même température, au moyen des formules que j'ai données, exige une étude spéciale des isothermes au moment où elles viennent rencontrer la courbe de saturation ; cette étude présente de très grandes difficultés, ces difficultés ont été à peine abordées.

» Le calcul des pressions intérieures, surtout quand celles-ci deviennent très faibles, exige une connaissance des coefficients de pression, plus précise que celle qui peut être déduite de l'étude des isothermes ; cette précision est également indispensable pour le calcul des variations de la chaleur spécifique à volume constant, aucun travail spécial n'a été entrepris pour résoudre ces questions.

» L'étude des fluides sous fortes pressions, présente aux températures élevées, pour la détermination des volumes, d'énormes difficultés que j'avais en partie surmontées au moyen de mon appareil à regards, mais cette méthode nécessiterait encore quelques modifications et des perfectionnements que je n'ai pas eu le temps de réaliser »...

Le texte des notes dont se compose ce recueil, a été revu et, au besoin, complété, et on a groupé celles qui se rapportent à un même sujet.

La plupart traitent de questions rentrant dans le cadre habituel des recherches de l'auteur, et sont comme la suite naturelle de ses mémoires expérimentaux ; il en est quelques-unes toutefois qui font exception à cette règle générale : elles sont relatives à la solidification et à la cristallisation des liquides par variation de pression, à une détermination expérimentale du rapport des deux chaleurs spécifiques, aux rapports qui lient les coefficients des formules de Laplace, d'Ampère et de Coulomb, à l'obtention de l'équation différentielle de la vitesse du son, à la généralisation du théorème de Clausins.

Cet opuscule se recommande surtout aux jeunes physiciens : il y a là l'indication d'intéressantes observations à poursuivre,

de recherches à compléter au grand profit de la science et pour lesquelles les beaux travaux de M. Amagat leur seraient à la fois un guide très sûr et un modèle excellent.

E. O.

IX

Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique, à Uccle. Catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes, préparé et mis en ordre par A. Collard, bibliothécaire de l'Observatoire Royal de Belgique. Fascicule II, Bruxelles, Hayez, 1911. — 1 fasc. in-8°, renfermant les pp. 193 à 384.

Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique, à Uccle. Catalogue..., etc. Fascicule III, Bruxelles, Hayez, 1912. — 1 fasc. in-8°, renfermant les pp. 385 à 698 et XXIV pages.

J'ai annoncé dans la livraison d'avril 1911 de la Revue, le premier fascicule du Catalogue de la Bibliothèque de l'Observatoire Royal de Belgique, à Uccle, par M. Collard. Les deux fascicules suivants achèvent le tome I et vont jusqu'à la fin de la lettre L. Ils sont faits avec la même richesse de renseignements et la même exactitude du détail que le premier. Je ne m'arrêterai pas à répéter le bien que j'en ai dit alors; mais le Catalogue de M. Collard constitue un instrument de travail trop précieux, pour ne pas en signaler les divers fascicules aux astronomes et aux météorologistes, au fur et à mesure de leur apparition.

A noter, parmi les pièces préliminaires qui accompagnent le IIIe fascicule, un *Aperçu* intéressant relatif à l'histoire de la Bibliothèque.

H. B.

X

Allgemeine Botanik, von Dr A. Nathansohn, Professor an der Universität Leipzig. Un vol, grand in-8°, v-471 pages, 9 planches et 394 figures insérées dans le texte. — Édit. Quelle et Meyer, Leipzig, 1912.

Ce nouveau Traité réserve plus d'un étonnement au lecteur familiarisé avec les Traités allemands. Il y a beau temps, sans doute, que la légende de « l'obscurité germanique » s'est dissipée devant la clarté évidente de beaucoup d'excellents Manuels en usage chez nos voisins d'Outre-Rhin. Mais on ne s'était pas désaccoutumé de voir ceux-ci entourer leurs livres de haut enseignement d'un imposant appareil bibliographique et d'une armature un peu raide de divisions systématiques. Or voici un Manuel destiné à des étudiants universitaires — et peut-être même, indirectement, à leurs professeurs — dans lequel vous chercheriez en vain des notes au bas des pages ou de copieuses références en tête ou en queue des chapitres ; pis encore, la classique et souvent utile division en Morphologie et Physiologie végétales n'y fait plus l'ossature saillante du Traité. D'une si radicale révolution, l'auteur éprouve le besoin de se justifier dans l'avant-propos. Ses raisons — que nous goûtons pour notre part — pourront ne point paraitre décisives à tout le monde : il n'importe, car la meilleure justification du Prof. Nathansohn, c'est d'avoir écrit un Manuel très clair, très agréable à lire et de plus très vivant.

L'ouvrage est ordonné en diptyque : d'une part, « Vie végétative » ; d'autre part, « Reproduction ». On le voit déjà, le point de vue « fonctionnel » domine et commande le point de vue « structural ». Non point que la Morphologie soit sacrifiée, mais nulle part elle n'est séparée de la Physiologie, qui lui prête sa raison d'être et donc aussi sa véritable signification. Ce retour à une unité intégrale, qui serre la « vie » de plus près, donne un charme particulier à l'exposé,.. après avoir sans doute alourdi la tâche de son auteur : car il n'est pas tellement aisé de rester clair en devenant plus synthétique. Le Prof. Nathansohn surmonte ce surcroît de difficulté avec beaucoup d'aisance.

Voici le plan général de son livre :

Première partie : *Vie végétative*. A. La nutrition, fonction primordiale de la vie végétative. B. Les organes végétatifs des Algues. C. Plan de structure des organes végétatifs dans les plantes supérieures. D. Cycle vital de ces organes dans les végétaux supérieurs. E. Orientation de ces organes dans l'espace. F. Structure de ces organes pour des conditions particulières de la nutrition.

Deuxième partie : *Reproduction*. A. Reproduction dans les végétaux inférieurs. B. Dans les mousses et les cryptogames

vasculaires. C. Dans les phanérogames. D. Relations entre la vie végétative et la reproduction. E. L'hérédité.

Suit un appendice sur les principaux groupes systématiques du règne végétal ; puis un index alphabétique.

Le lecteur emporte une idée assez complète de ce qu'on pourrait appeler « la biologie générale de la plante », sans avoir d'ailleurs pénétré bien avant dans la biochimie végétale ni dans les menus phénomènes cytologiques liés à la reproduction et à l'hérédité. Il est vrai que les problèmes spéciaux qui se posent dans ces deux domaines sont moins abordables à la majorité des lecteurs et trop sujets encore à controverses.

L'illustration est très soignée et pas banale.

Dr J. Maréchal, S. J.

XI

A Travers la Mauritanie occidentale, par A. Gruvel et R. Chudeau. Deux vol. Partie scientifique, 1 vol. in-8° de 384 pp. avec pl. hors texte et fig. dans le texte. — Paris, Ém. Larose, 1911.

Nous avons antérieurement déjà attiré l'attention sur les résultats économiques qui ont été obtenus par l'expédition Gruvel et Chudeau à travers la Mauritanie occidentale. Nous sommes heureux de pouvoir revenir sur cette importante Mission à l'occasion de la publication des résultats scientifiques qu'elle vient de faire paraître avec l'aide de plusieurs collaborateurs.

L'ouvrage qui est consacré aux données de science pure, est pour nous particulièrement intéressant non pas uniquement pour les très nombreux documents, coordonnés par des savants de valeur, qu'il met à notre disposition, mais surtout par le fait qu'il démontre de façon nette et irréfutable qu'un progrès sérieux dans l'ordre économique doit être basé sur des données scientifiques.

La mission qui avait été confiée à MM. Gruvel et Chudeau était surtout d'ordre zoologique, elle tendait particulièrement à mettre en valeur les ressources ichtyologiques de la baie du Lévrier.

M. Gruvel a pris soin lui-même de résumer les études clima-

tologiques, océanographiques et zoologiques qu'il a pu faire sur la côte de la Mauritanie et du Sénégal, et qui étaient destinées à instaurer là-bas une industrie de pêcheries maritimes.

Il a mis en vedette dans cette partie du volume auquel nous faisons allusion ici, une phrase prononcée naguère par M. le Prof. Thoulet et qui mérite d'être rappelée.

« L'agriculture rationnelle, ne l'oublions pas, sort des laboratoires de chimie ; pour l'étude, pour l'exploitation rationnelle de la mer, d'abord les océanographes, après eux les zoologistes et en dernier lieu les pêcheurs. »

C'est une des phrases qui devraient être gravées dans la tête de ceux qui veulent tirer parti des richesses contenues dans les eaux tropicales, elle nous montre bien que sans l'aide de la science, même de cette science théorique contre laquelle certains s'insurgent, il n'y a rien à faire.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans quelques détails sur les données botaniques, géologiques, climatiques, chimiques, zoologiques et ethnographiques que contient cet important ouvrage qui intéressera non seulement les divers spécialistes de ces sciences, mais tous ceux qui ont à cœur l'étude des problèmes que soulèvent la colonisation et la saine exploitation des régions tropicales.

É. D. W.

XII

Dans notre Empire noir, par M. Rondet-Saint. Préface de M. A. Ballif. 1 vol. de 338 pp. 1 carte. — Paris, Plon-Nourrit, rue Garancière, 8, 1912.

Sous ce titre M. Rondet-Saint consacre à l'Afrique un nouvel ouvrage ; il y a quelque temps nous insistions sur son livre *L'Afrique équatoriale française*, le nouveau venu est tout aussi intéressant pour nous que son aîné, bien qu'il semble avoir été écrit surtout pour exciter le tourisme à se porter vers le continent noir.

Il ne peut être question d'analyser ici dans ses détails, comme il le mériterait, le livre de M. Rondet-Saint.

Mais en lisant ce livre nous avons noté un grand nombre de passages du plus haut intérêt pour la colonisation et particuliè-

rement pour nous, débutants dans ce genre d'expansion, et nous avons pensé qu'il pouvait être utile, voire même nécessaire, d'insister au moins sur quelques-uns d'entre eux, afin d'engager tous nos coloniaux à parcourir l'étude de M. Rondet-Saint, qui les fera réfléchir.

Partant pour cette Afrique que tant redoutent, l'auteur a été frappé du fait que vont seulement là-bas ceux qu'y appellent leurs fonctions ou leurs devoirs, pas de touristes, pas d'étrangers.

Or, comme il l'a dit on ne peut plus justement : « Spécialisés, limités dans leur sphère propre, ces hommes ne peuvent répandre chez nous les connaissances susceptibles de provoquer une opinion publique coloniale, car tout en les possédant, ils sont généralement inaptes à les vulgariser ». Et cependant : « La contribution à la création d'une opinion publique dans le domaine de notre puissance sur mer et de l'expansion de nos territoires d'outre-mer, est un des premiers devoirs s'imposant à tous ceux qui ont le souci de notre grandeur nationale. »

Chemin faisant notre auteur attire l'attention sur les encouragements donnés à l'agriculture dans la région de Dakar, où des concours agricoles ont été institués. C'est une manière d'opérer qui donnera des résultats et, certes, ce moyen de faire produire de plus en plus et de mieux en mieux, devrait être employé partout.

L'auteur nous décrit aussi sommairement le Jardin de Camayenne où des essais intéressants ont été tentés et qui semblent, dans plusieurs cas, avoir été couronnés de succès.

Passant par notre Congo, M. Rondet-Saint rend hommage à son fondateur, et faisant ressortir les difficultés que l'État libre eut au début pour pénétrer dans le centre du continent noir, il n'hésite pas à déclarer que si l'État libre a pu exécuter sa voie de pénétration, c'est parce qu'il était l'incarnation de l'unité d'action, de direction, de volonté : c'était le roi Léopold. Et il ajoute : La foi, l'énergie de l'éminent protagoniste de l'idée, le colonel Thys, assurèrent le succès définitif.

Je veux encore citer à notre actif une phrase de M. Rondet-Saint ; écrite par un Français qui n'a aucune raison de placer l'œuvre des Belges en Afrique sur un piédestal, elle a de la valeur : « Léopoldville n'est qu'une usine » me disait avec un dédain comique un fonctionnaire du Brazzaville. Or c'est précisément d'avoir su transformer en usine le point de jonction de leur railway et de leur réseau fluvial qui démontre la valeur de conception de nos voisins congolais. » Cela amène naturellement

notre auteur à décrire ce qu'il vit et il termine par cette autre phrase qui devrait, elle aussi nous préoccuper, parce que partout nous ne sommes pas encore arrivé à un tel desideratum.

« Souhaitons à notre pays le jour bien lointain, si non improbable, hélas! où ses colonies seront devenues une suite d'usines et de champs... » Si nous avons si bien commencé, tâchons de nous tenir dans la bonne voie et de ne pas nous laisser devancer par nos divers voisins!

Notre auteur en vient, tout naturellement, en étudiant le noir sous le régime français et sous les régimes allemand et belge, à examiner la question, si épineuse, de la manière dont il faut traiter le noir, et sans insister sur cette question qui a fait couler des flots d'encre chez nous, je reproduirai simplement ces quelques lignes qui me paraissent des plus raisonnables : « Je n'entends pas qu'il faille systématiquement crosser les Noirs, entendons-nous bien. Mais je veux faire ressortir la niaiserie qu'il y a à vouloir appliquer à ces gens, dont la cérébralité ressemble à la nôtre comme un poisson à une pomme, certaines théories égalitaires et démocratiques qui, apparemment défendables dans un grand quotidien, dans un salon bien parisien ou à la tribune, devant un auditoire d'arrondissementiers, paraissent, analysées « à pied d'œuvre », seulement bonnes à amuser les gâteux. »

Je n'irai pas plus loin dans l'examen des nombreuses vérités si bien présentées par M. Rondet-Saint. Son livre est à annoter par tous : voyageurs, touristes, hommes d'affaires, sportsmen et même hommes de science y trouveront à glaner des documents précis.

É. D. W.

XIII

Lebensbedingungen und Vegetationsverhaltnisse der Mittelmeerländer und der atlantischen Inseln, par Prof. Dr M. Rikli. Un vol. in-8 de 170 pp., 32 pl. et 27 fig. dans le texte. — Jena, F. Fischer, 1912.

Depuis quelques années, les excursions universitaires se multiplient vers les régions méridionales pour le plus grand bien du développement intellectuel des étudiants qui, grâce à l'observation directe de la nature, sont mis à même de mieux com-

prendre, non seulement les problèmes des sciences pures, mais encore ceux de sciences appliquées. Il leur est possible, sous la conduite de guides expérimentés, de pénétrer dans les domaines géographico-ethnographiques directement en rapport avec les sciences botaniques, car c'est de la plante que l'homme obtient la plupart des choses nécessaires à la vie.

M. le Dr Rikli, du Jardin botanique de Zurich et de l'École technique de la même ville, a eu à diverses reprises l'occasion de conduire dans la région méditerranéenne des excursions académiques et il a été frappé de la difficulté qui existait, pour les nombreux participants de ces tournées, de se faire, avant leur départ et durant leur voyage, une idée du pays, car la littérature botanique est immense.

Il s'est donc proposé d'écrire pour les participants des excursions, et en même temps pour les voyageurs isolés, un livre où ils trouveraient au moins un résumé des choses qu'ils peuvent étudier à loisir dans les diverses parties de la Méditerranée dont les bords présentent des aspects si variés. Il a pleinement réussi, le livre est un vrai modèle, il fait grand honneur à l'auteur et à l'éditeur, qui n'ont rien négligé pour en faire un bon et beau livre.

Nous ne pouvons donner qu'un aperçu très sommaire de ce travail. L'auteur l'a divisé en deux parties. La première est consacrée à ce qu'il appelle « Mediterraneis », c'est-à-dire aux bords de la Méditerranée, exclusion faite des terres de l'intérieur de l'Asie.

Après avoir fixé les limites des types des flores méditerranéennes, il passe aux facteurs qui agissent, dans ces régions, sur la distribution des végétaux. Quatre facteurs sont examinés : Chute d'eau, Chaleur, Vents, Rayons solaires.

Ces indications l'amènent à étudier les principales formes de végétation, dans lesquelles dominent les adaptations à la sécheresse. Bien que la végétation méditerranéenne soit particulièrement polymorphe, presque tous ses représentants appartiennent à la grande classe des « Xérophytes », dans laquelle notre auteur passe successivement en revue les Thérophytes, les plantes à tubercules et à bulbes, les Chamaephytes et les Hémicrytophytes, les plantes sclérophylles, microphylles, velues, grasses, aphylles, plantes compas et les xérograminées.

Il nous donne, par de jolies photographies, des aspects de la végétation de divers de ces types de plantes et accompagne ses notes de quelques dessins de coupes microscopiques, destinées

à faire voir les rapports des organes des végétaux avec les agents extérieurs.

Une étude intéressante sur les forêts de ces régions se rencontre dans cette première partie du livre. Elles se rangent en deux catégories ; les forêts de feuillus toujours verts, se subdivisant en forêts de *Laurus nobilis, Quercus suber* et *Quercus Ilex*, et les forêts de conifères qui se classent en 4 groupes se caractérisant par : *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Callitris quadrivalvis*.

L'auteur nous décrit le maquis et la garrigue, nous faisant ressortir, chemin faisant, l'importance de ces formations végétales pour les habitants, comme aussi les désaccords des phytogéographes qui voient dans ces formations, les uns un stade ancien, primitif, les autres un stade dérivé de l'exploitation ou de la destruction de forêts primitives. M. le Dr Rikli se déclare tout à fait opposant de cette dernière hypothèse.

M. Rikli consacre un paragraphe aux cultures, et il a soin de le documenter très largement, insistant en tout premier lieu sur l'eau qui est l'élément le plus important pour la culture du sol.

Dans la seconde partie du livre, sur laquelle nous n'insisterons pas, l'auteur passe en revue la climatologie, la biologie générale de la région formée par les îles extra-méditerranéennes, puis décrit successivement les aspects de la végétation des Iles du Cap Vert, des Canaries, de Madère et des Açores.

Cet ensemble de données, admirablement illustrées, est accompagné d'une bibliographie très complète, subdivisée en deux parties se rapportant aux deux parties du livre.

Une table alphabétique, très étendue, complète ce volume qui sera lu avec plaisir par tous ceux qui s'intéressent à la végétation de cette partie du globe et même à la géo-botanique en général.

É. D. W.

XIV

La Politique de Réforme sociale en Angleterre. Conférences de l' « Eighty Club ». Instituts Solvay. *Actualités sociales*. Un vol. de xv-191 pp. — Bruxelles, Misch et Thron, 1912.

L'Angleterre traverse une crise de transformation. A sa renommée de pays traditionnaliste par excellence succédera

bientôt la réputation du peuple le plus hardi dans ses initiatives politiques. L'élaboration lente, insensible, quasi inconsciente des institutions et des lois y fait place à une activité impatiente qui ne s'effraie d'aucune audace. Voilà bientôt quarante ans que le mouvement s'est dessiné ; il s'est précipité dans ces dernières années. Sur le continent, le public non averti s'en aperçoit seulement ; encore est-il plus frappé des épisodes retentissants qui marquent la rivalité des Communes et des Lords ou la lutte des nationalistes et des unionistes, que des réformes profondes, radicales qui les ont provoqués.

« L'Institut de sociologie Solvay a voulu faire connaître les grandes lignes de cette politique de Réforme Sociale. Il s'est adressé à ceux-là même qui l'ont élaborée et il a été assez heureux d'obtenir le concours d'une puissante organisation politique du Royaume-Uni, *The Eighty Club*, présidée actuellement par M. Lloyd George, chancelier de l'Échiquier. Quatre conférences ont été données par des personnalités autorisées du monde parlementaire et politique d'Angleterre (1) », M. Philip Morrell, membre du Parlement, M. A. G. Gardiner, directeur des *Daily News*, M. John Brunnen, membre du Parlement et M. Charles Mallet, ancien membre du Gouvernement.

Ces hommes politiques, mêlés aux polémiques de presse et aux luttes ardentes des partis, étaient-ils particulièrement qualifiés pour apprécier l'œuvre dont ils ont été et restent encore les ouvriers les plus actifs? M. Charles Mallet, au début de sa conférence sur la politique fiscale, déclarait tout net : « Je vous parle en partisan du gouvernement libéral britannique » ; et il ajoutait : « bien rares sont ceux qui peuvent se soustraire à toute partialité ». Il faut reconnaître toutefois que les Anglais, par le tour réaliste de leur esprit, atteignent plus souvent que d'autres à cette rare vertu et qu'en général, dans le cas présent, les orateurs ont su faire le départ entre les faits, les actes et leurs appréciations.

Dans l'Introduction qui sert de préface au texte des conférences, la Direction de l'Institut Solvay témoigne à l'œuvre de ses invités une sympathie qui s'explique par des motifs d'ordre divers. (D'aucuns, à l'époque où ces conférences se sont données, ont cru discerner dans le choix du sujet, des conférenciers et du moment, une préoccupation à laquelle la politique belge n'était pas étrangère.) Sans doute, on n'a guère vu d'action plus

(1) Introduction, v-vi.

suivie, plus coordonnée, s'inspirant davantage de vues d'ensemble et marquant une conscience plus claire d'un plan général. Mais cette action a-t-elle été assez souple, assez soucieuse d'épargner au pays qu'elle travaillait les heurts et les secousses? Surtout a-t-elle su, dans la défense de ses principes et de ses projets devant les masses populaires, s'abstenir de certaines excitations dont les effets sont plus redoutables que les réformes elles-mêmes? C'est une question.

Quoi qu'il en soit de la réponse, ces quatre conférences et le compte rendu des discussions qui les ont suivies donnent sur la politique agraire, industrielle, sociale et fiscale du gouvernement anglais une vue très intéressante et très suggestive; les principales lois votées en ces derniers temps y sont analysées de manière à dégager les principes dont elles s'inspirent et les grands traits qui les caractérisent. A cet égard, ce petit volume sera bien accueilli par tous ceux qui s'intéressent à l'évolution de la vieille Angleterre et qui voudraient chercher outre Manche des exemples à suivre ou des fautes à éviter.

V. Fallon, S. J.

XV

Cursus Philosophiae Naturalis, par J. de la Vaissière. 2 vol. petit in-8°, cartonné de xix-343 et xix-399 pages. — Paris, Beauchesne, 1912.

Voici un manuel qui dépasse, et de beaucoup, la valeur moyenne de ses congénères. En le parcourant, on n'éprouve rien de ces tentations constantes de scepticisme, de ces retours anxieux vers les réalités les plus proches et les plus palpables que provoque immanquablement la lecture de certaines « Cosmologies » dont les thèses, temples sereins interdits au doute, dorment et continueront à dormir longtemps encore au milieu d'un désert de faits. Si une psychologie sans âme est une chimère, une Cosmologie sans chimie et sans physique risque et risquera de plus en plus de n'être qu'un rêve cohérent.

Le R. P. de la Vaissière nous présente une « Philosophie Naturelle » qui n'ignore rien, ni de la science faite, ni de celle qui se fait tous les jours; c'est ce qui constitue à la fois le prix et la nouveauté de ces deux volumes, où l'érudition la plus

solide et la plus étendue s'unissent au savoir scientifique le plus varié. C'est bien une philosophie de toute la nature visible qu'a entrepris de nous donner l'auteur. Négligeant la division Wolffienne de la Philosophie et revenant à une conception plus ancienne du rôle dévolu au « Philosophus Naturalis », il procède à l'inventaire des richesses de l'être matériel, allant du caillou au brin d'herbe, du brin d'herbe à l'animal, de l'animal à l'homme, de l'homme, ce Microcosme, au Macrocosme, c'est-à-dire au Monde envisagé comme totalité des phénomènes, dans lequel l'auteur reconnaît l'objet matériel de la Philosophie Naturelle, prise dans toute son étendue. Cette ample et riche matière qui embrasse ainsi tous les phénomènes vitaux présentant encore un lieu de dépendance par rapport à l'étendue, se trouve répartie en six livres qui traitent successivement du corps organique, de la vie végétative, de la vie sensible (Tome I), de la vie intellectuelle, du composé humain et du Monde (Tome II). Les matières du livre troisième sont partagées entre les deux tomes de l'ouvrage, le premier analysant les états représentatifs de la vie sensible, le second ses états appétitifs ainsi que le pouvoir locomoteur, fondé sur la connaissance sensible. L'étude du sens intime qui témoigne également de l'une et l'autre série de phénomènes termine logiquement ce traité.

Au cours de ce voyage d'exploration philosophique, très fréquemment on s'aperçoit, à l'allure spéciale des questions, que l'auteur de ces pages instructives a visé à se faire lire non seulement par les métaphysiciens mais aussi par les savants de profession et les amis de la science expérimentale ; à ceux-ci les thèses du R. P. de la Vaissière réservent plus d'une agréable surprise. Les mathématiciens liront avec une curiosité sympathique les pages que le R. P. consacre aux lois mathématiques, à l'objectivité du nombre, à la valeur spéculative de la géométrie (T. I, p. 33-45). Le Physicien accordera volontiers un regard au chapitre sur les lois de la Cinématique et à la thèse qui estime le problème cinématique objectivement et absolument résoluble pour la pratique (T. I, pp. 63-65). Les disciples de Bergson, les partisans de l'intuitionnisme, les lecteurs de James, tous ceux qu'intéresse l'étude de la mystique voudront prendre connaissance de l'article : de non existentia cognitionum supra intellectualium (T. II, pp. 119, sq.).

Nous n'aurions rendu qu'à moitié justice aux brillantes qualités de l'auteur, si nous ne disions rien de sa méthode. Celle-ci est excellente et se caractérise par quelques innovations très

heureuses. On ne peut qu'applaudir par exemple, quand on voit le R. P. indiquer avec soin le degré de certitude de chacune de ses assertions par le moyen d'une note appréciative : « physice certa, metaphysice certa » et qui rappelle les notes dogmatiques en usage en Théologie. Les objections sont, le plus souvent, textuellement empruntées à leurs auteurs et citées d'après les originaux. Cette probité scientifique parfaite qui respecte jusqu'à l'expression matérielle de la pensée d'un adversaire, en rassurant le lecteur le moins « candide », donnerait, au besoin, un surcroît de crédit à la réponse. Le même procédé, très loyal et très objectif, est employé dans l'exposé des « Opiniones adversae ». C'est un réel plaisir de parcourir les notes érudites annexées, à titre de complément d'information, aux thèses elles-mêmes, mais rejetées sagement à la fin de chaque volume, afin sans doute de ne pas appesantir la marche du raisonnement proprement dit. La note 36-37 par exemple, du premier volume, ne contient pas moins de seize textes concernant la nature du Temps : Platon, Aristote, Averroès, Plotin, St Augustin, Albert le Grand, St Thomas sont admis successivement à témoigner de leur pensée authentique ; les modernes ont leur tour de parole avec Suarez, Descartes, Clarke, Leibniz, Berkeley, Kant, Spencer, Renouvier et Bergson. Nous sommes loin, comme on le voit, de ces invraisemblables mais trop réels manuels où fourmillent les contre-vérités historiques, où des Péripatétitiens tels qu'Averroès et Avicenne sont présentés comme des négateurs des relations réelles et où on prête à Wolff une thèse sur les possibles qui est tout juste le contre-pied de sa thèse réelle. La bonne habitude d'aller aux sources préserve le R. P. de la Vaissière de ces grossières bévues. Elle vaut à son lecteur tous les avantages d'une lecture des « Morceaux choisis des grands Philosophes ». Pour permettre à celui-ci de le contrôler jusqu'au bout, le R. P. a pris soin de munir chaque volume de cet ouvrage, déjà si substantiel, d'un « Index Bibliographicus » de lectures à faire ; établi avec précision et rigueur, cet ensemble de références sera pour le maître et l'élève un excellent instrument de travail.

Les tendances doctrinales qui se manifestent au long de ces six livres, si riches de faits et d'enseignements positifs, nous ont paru celles d'un Péripatétisme très large et très accueillant. Au moins celui du P. de la Vaissière n'a-t-il rien de trop exclusif ; son choix s'arrête tantôt à St Thomas, tantôt à Suarez, parfois même à Henri de Gand. Avec Suarez, le R. P. voit dans la matière

première (T. I, p. 130, 133) un principe réel doué d'existence. Ne serait-ce pas parce qu'on continue — à tort d'après nous — à concevoir toute puissance réelle et subjective comme nécessairement existante, ce qui est se fermer toute voie vers la doctrine Thomiste qui distingue dans l'être créé l'essence de son actualité? Rien n'empêcherait dès lors le péripatétisme du R. P. de s'accommoder de la pluralité des formes dans le composé, doctrine qu'il rejette formellement, lorsqu'il s'agit de l'homme. Pour nous, l'existence ne saurait appartenir qu'à un principe spécifié déjà ; l'acte formel en limitant l'indéfini de la matière devient principe d'une existence simple pour un sujet qui ne l'est pas.

A plusieurs reprises (T. II, p. 181 ; T. I, p. 132) l'auteur emploie l'expression « Materia prima major minorve » ; de quelles parties entend-on parler ? De parties substantielles ? Cela suppose des formes numériquement distinctes. De parties à dimensions ? Alors il faut dire avec St Thomas : « Materia jam intellecta sub corporeitate et dimensionibus potest intelligi ut distincta in diversas partes, ut sic accipiat diversas formas secundum altiores perfectionis gradus » (I, q. 76, a. 6, ad 2[m]). Quand donc on écrit : « Ontologiquement, la masse est la quantité de matière » (T. I, p. 275), il faudrait préciser ; même en donnant à la matière première un acte entitatif, on ne la conçoit pas susceptible par elle-même de division... à moins de la doter, avec Averroès, de dimensions indéfinies, ou de l'identifier à la quantité, comme Philopon et Arriaga, ou d'en faire, à la suite de Zabarella, un corps de la catégorie de la substance... toutes choses bien éloignées évidemment de la pensée du R. P. de la Vaissière. Scot lui-même écrit expressément : la matière venant à subsister seule, par miracle, n'aurait qu'une présence circonscriptive (In II. Sent. D. 12, q. 2). Songeait-il à prévenir les confusions possibles ?

Nous doutons fort que le R. P. de la Vaissière parvienne à rallier son lecteur philosophe à son système minimiste concernant les facteurs indispensables à la production du verbe intellectuel (T. II, p. 86-94). Avec Henri de Gand, Guillaume d'Auvergne, Durand, Auriol etc., le R. P. élimine comme superflue l'espèce impresse intelligible des Thomistes. Qui dénombrera les méfaits nominalistes commis au nom du Principe d'économie : « Non sunt multiplicanda... » ? Dans l'acte de sentir, l'âme communie déjà à l'objet, cela est hors de doute, mais celui-ci n'est donné encore que sous les espèces sensibles. Dans l'acte de penser, l'âme arrive à exprimer ce même objet en termes de pure intelligi-

bilité ; elle le revêt de sa propre forme, ce qui requiert, à raison de l'hétérogénéité radicale des deux ordres de connaissance, un déterminant cognitionnel qui soit de niveau avec une faculté purement spirituelle réceptrice... cette puissance passive ne peut être actuée que par un déterminant suprasensible comme elle. Ce germe spirituel du concept objectif, il appartient à l'intellect agent de le produire... placé entre l'image et une indétermination d'ordre spirituel, il fraye à l'être un passage vers celle-ci à partir de celle-là. Mais cela est un mystère, le mystère d'une unité vivante où s'embrassent intimement la chair et l'esprit ! D'accord. Le Thomisme ne le supprime pas ! J'en conviens volontiers. En supprimant l'espèce impresse intelligible, prenez garde toutefois de rendre le mystère plus impénétrable et, pour l'amour du principe d'économie, n'allez pas oublier celui de la raison suffisante... mutiler n'est pas expliquer.

Ne serait-ce qu'une impression, due à une lecture trop rapide et qui a manqué du loisir voulu ? Il nous a paru parfois que ce très bel ouvrage manquait d'unité doctrinale aisément reconnaissable et que l'auteur pratiquait volontiers une sorte d'éclectisme métaphysique. Hâtons-nous d'ajouter que l'on apprend immensément de choses en la compagnie du R. P. de la Vaissière ; en confrontant les thèses de la Cosmologie Rationnelle avec les données de la Science Moderne, il a su s'inspirer du véritable esprit péripatéticien qui sait unir l'observation exacte et fidèle des faits à l'analyse métaphysique de leurs causes profondes suprasensibles. Ni vain dévidage de concepts depuis longtemps distancés par l'expérience, ni culte étroit et timoré du fait brut, ce sont là les deux principales qualités d'un livre dont les étudiants et les maîtres en Philosophie voudront également explorer les précieuses et vastes richesses. Nous leur prédisons, sans crainte de nous tromper, une satisfaction entière de ce voyage.

François Jansen, S. J.

XVI

Das Vergleichen und die Relationserkenntnis, von Alfred Brunswig. Un vol. in-8°, viii-186 pages. Edit. Teubner. — Leipzig et Berlin, 1910.

Il serait difficile de faire, en quelques lignes, une critique sérieuse de ce petit livre très serré. Nous nous contenterons —

et c'est un hommage — d'indiquer le cadre où il s'enferme et le point de vue dominant de son auteur.

En un style d'allure très dialectique et d'ailleurs clair M. Brunswig pose, critique et résout pour sa part les principaux problèmes que soulève notre connaissance des « relations », celle surtout qui se traduit par des jugements de comparaison entre objets perçus simultanément ou successivement (identité, similitude et dissimilitude, rapport d'intensification ou d'atténuation, variabilité ou constance, etc.). L'auteur prétend demeurer sur le terrain de la *phénoménologie :* à l'*ontologie* des relations il ne consacre qu'un bref aperçu en appendice. D'autre part, il ne se fait pas faute de secouer au passage les difficultés artificielles créées par une position défectueuse des problèmes et d'éclairer impitoyablement les fonds d'impasse où acculent des présupposés aussi injustifiés que répandus. Excellente besogne, certes, qui force la pensée du lecteur à se préciser; besogne plus évidemment utile encore à propos de questions qui sollicitent actuellement les recherches des techniciens de la psychologie expérimentale : car Dieu sait si la plupart de ceux-ci pèchent par excès de critique philosophique...

Voilà l'objet général du livre ; voici maintenant, dans un raccourci peut-être déformant, le point de vue de son auteur. Sa pensée est fortement influencée par celle de *Husserl*. On ne s'étonnera donc pas de le voir trouver le noyau même de notre connaissance de la « relation » dans une sorte de perception directe de celle-ci : la « relation » constituerait une donnée immédiate et primitive, bien que le jugement qui l'exprime dépende, en fait, dans beaucoup de cas, d'éléments secondaires et subjectifs.

Sans doute, il y a dans le phénoménologisme intégral de Husserl bien des parties auxquelles un thomiste (comme nous sommes) applaudirait volontiers : celles, par exemple, où se trahit le souci d'une conception plus pleine et, si l'on peut dire, plus « native » des problèmes de la connaissance. Encore peut-il sembler que l'exagération d'un point de vue, en soi légitime, y rogne trop certains droits de l'analyse critique. Peut-être, par exemple, un thomiste (nous ne disons pas, en général : un « scolastique ») concevrait-il autrement que l'école de Husserl le rapport de la donnée sensible et de l'activité intellectuelle. Nous venons d'indiquer la source même de quelques critiques que nous proposerions à M. Brunswig, s'il nous était possible de parler ici plus longuement de son excellente étude. Qu'on en

admette ou non toutes les conclusions, elle est instructive et donne à réfléchir : mérite trop rare, dans l'encombrement actuel de la littérature psychologique, pour n'être pas relevé avec une pointe de gratitude.

Dr. J. Maréchal.

XVII

I. — Fra Agostino Gemelli O. F. M., dottore in Medicina e Chirurgia. La Lotta contro Lourdes, Resoconto stenografico della discussione sostenuta alla Associazione Sanitaria Milanese (10-11 Gennaio 1910) con note e commenti, 2a edizione riveduta et notevolmente aumentata, 5° migliaio. — Un vol. in-8° de VIII-362 pp., illust. Libreria editrice Fiorentina. Firenze, 1912.

II. — Du même auteur : Ciò che rispondono gli avversarî di Lourdes. La mia risposta alla Associazione Sanitaria Milanese. Documenti, critiche e reflessioni ; 3° migliaio. — Un vol. in-8° de 231 pp. Libreria editrice Fiorentina, Firenze, 1912.

Au cours de ces dernières années, la littérature de Lourdes s'est singulièrement enrichie. Parmi les acquisitions les plus récentes rappelons, outre une nouvelle édition (37e mille) de l'*Histoire critique des événements de Lourdes* par l'abbé Bertin (1), le docte ouvrage d'un clinicien éminent, le Dr de Grandmaison de Bruno, *Vingt guérisons à Lourdes discutées médicalement* (2), et celui, non moins remarquable en son genre, d'un savant professeur de Philosophie, le R. P. Castelein, S. J., *Le surnaturel dans les apparitions et dans les guérisons de Lourdes* (3).

D'autre part, des discussions se sont élevées qui ont provoqué la publication d'articles de revue, de brochures et d'ouvrages de controverse parfois considérables.

C'est à ce genre de travaux qu'appartiennent les deux volumes du P. Gemelli dont nous venons de transcrire les titres : tous deux ont trait à la discussion que le savant et infatigable auteur, à la fois philosophe et médecin, soutint devant l'*Associazione Sanitaria Milanese,* les 10-11 janvier 1910.

(1) Paris, Gabalda.
(2) Deuxième édition, Paris, Beauchesne.
(3) Paris, Beauchesne et Bruxelles, Goemaere.

La première édition de *La Lotta*, parue il y a deux ans, fut rapidement épuisée et provoqua de la part des contradicteurs du P. Gemelli une nouvelle levée de boucliers. C'est à cette reprise des hostilités que répond le second ouvrage que le P. Gemelli nous donne en même temps qu'une deuxième édition, revue et enrichie, du premier.

On trouvera, dans *La Lotta*, l'histoire des préliminaires de la rencontre du mois de janvier 1910; le texte, recueilli par la sténographie, de l'exposé des évènements de Lourdes que fit, devant l'*Associazione*, le P. Gemelli, et les documents sur lesquels s'appuyait cette conférence ; vient ensuite la sténographie des discours, la plupart hostiles, qui furent faits à propos de cet exposé, au sein de l'*Associazione*, le 11 janvier, et la réplique du P. Gemelli.

Elle ne fut pas du goût de ses adversaires, de ceux-là du moins dont le sectarisme semble avoir escompté une victoire facile qui, manifestement, leur échappait.

La publication de *La Lotta* et son succès firent déborder leur mauvaise humeur. Ils épluchèrent ce livre de combat, moins pour y chercher des éléments d'une discussion sérieuse que pour y trouver prétexte à incidents tapageurs et se présentèrent à la barre de l'*Associazione*, en l'absence du P. Gemelli, les mains pleines de critiques grandiloquentes et de perfides accusations ; le tout fut recueilli dans un volume intitulé *I miracoli di Lourdes e il dottor Gemelli*. C'est à ce factum que répond le second ouvrage du savant franciscain : *Ciò che rispondono gli avversari di Lourdes*.

Au point de vue scientifique, il n'y a rien à tirer des harangues des adversaires du P. Gemelli : elles tournent dans le même cercle d'objections usées, propres tout au plus à exercer la patience des lecteurs sérieux (1). Le P. Gemelli en fait bonne justice. Quant à la manière dont elles sont présentées, elle relève, au début, de la chicane et, à la fin de la discussion, du genre littéraire qu'affectionnent certains politiciens aux abois.

Cette constatation a son prix : elle vaut un bulletin de victoire. Le P. Gemelli n'a perdu ni son temps ni ses peines en acceptant l'invitation de l'*Associazione*.

L. R.

(1) Ces objections et d'autres non moins vulgaires, sont également réfutées une à une, et de main de maître, dans l'ouvrage cité du Dr de Grandmaison.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

—

La Bibliotheca Mathematica (1). — La revue de M. Eneström tend depuis plusieurs années à changer de caractère et à accorder insensiblement une place très prédominante aux travaux de son rédacteur en chef. C'est que M. Eneström s'est donné pour mission de corriger les *Vorlesungen* de Cantor, entreprise qu'il poursuit avec une patience de bénédictin et qui dans le présent volume remplit à elle seule près d'une centaine de pages, plus du quart du volume. Je suis cette tentative avec curiosité et intérêt, mais aussi, je dois bien le dire, avec quelque scepticisme; car, malgré le talent et l'érudition de l'auteur, la confiance me manque dans le succès final. M. Eneström ne m'en voudra pas pour cette remarque, car — il le sait bien — je ne demanderais pas mieux que d'être détrompé par l'événement. Son procédé serait parfait pour un manuel de mathématiques; mais la minutie, parfois presque tatillonne du correcteur, appliquée à un manuel d'histoire est, je le crains, destinée à échouer. Et puis est-il bien sûr que toutes les corrections échappent elles-mêmes toujours à la critique? A examiner avec pareille attention l'infime détail, ne s'expose-t-on pas à perdre de vue l'ensemble? Bref, le mieux n'est-il pas ici parfois l'ennemi du bien ?

Voici maintenant, par ordre chronologique, la liste des articles de fond contenus dans le présent volume :

(1) Bibliotheca Mathematica. *Zeitschrift für Geschichte der Mathematischen Wissenschaften*, herausgegeben von Gustaf Eneström, in Stockholm. 3e sér., t. XI, Leipzig, Teubner, 1910-1911.

Histoire de l'antiquité. — Sur une relation employée dans deux anciennes solutions du problème de Délos, par Gino Loria (1). (Il s'agit des solutions où intervient la courbe du 3e degré, nommée Ophinride.)

Histoire du Moyen-Age. — Notes sur les mathématiques indiennes, par Kaye (2). — Le livre des curiosités du calcul d'Abu Kamilel-Misri, traduit et commenté par Henri Suter (3). (Algèbre arabe, traduite sur un manuscrit de Leyde du commencement du XIIIe siècle, coté Gol., 199). Le mathématicien arabe y manie les équations du 1er degré à plusieurs inconnues d'une manière on ne peut plus curieuse, vu l'époque. Pour représenter les inconnues il y emploie jusqu'à trois caractères différents, qu'il désigne respectivement par les noms de chose, denier et obole. — Les chiffres hindous dans le « Fihrist », par Karpinski (4). — Le livre du calcul des cordes du cercle, par Abu'l Raihan Muh el-Biruni, traduit et commenté par Henri Suter (5). — La traduction, par Robert de Chester, de l'Algèbre d'Al-Khowarizmi. Note de M. Karpinski (6). (Robert de Chester est plus connu sous le nom de Robert de Rétines. Sauf quelques pages publiées jadis par Adrien Romain, sa traduction de l'algèbre d'Al-Khowarizmi, qui nous a cependant été conservée dans plusieurs manuscrits, reste encore inédite.) — Une algèbre italienne du XVe siècle par Karpinski (7). — Un écrit arabe sur la parabole et le miroir parabolique, par J. L. Heiberg et E. Wiedemann (8).

Histoire Moderne. — Note sur Jean Schoner, par David Eugène Smith (9). — Le volume de Michel Rolle intitulé *Mé-*

(1) *Sopra una relazione che passa fra due antiche soluzioni del problema di Delo*; di Gino Loria. pp. 97-99.

(2) *Some notes on Hindu mathematical methods;* by G. R. Kaye, pp. 289-299.

(3) *Das Buch der Seltenheiten der Rechenkunst von Abu Kamilel-Misri.* Uebersetzt und mit Kommentar versehen von Heinrich Suter, pp. 100-120.

(4) *Hindu numerals in the Fihrist ;* von Louis C. Karpinski, pp. 121-124.

(5) *Das Buch der Auffindung der Sehner im Kreise von Abu'l-Raihan Muh el-Biruni.* Uebersetzt und mit Kommentar versehen von Heinrich Suter, pp. 11-78.

(6) *Robert of Chester's translation of the Algebra of Al-Khowarizmi ;* by L. C. Karpinski, pp. 125-131.

(7) *An italian algebra of the fifteenth century ;* by L. C. Karpinski, pp. 209-219.

(8) *Eine arabische Schrift über die Parabel und parabolische Hohlspiegel,* par J. L. Heiberg und E. Wiedemann ; pp. 193-208.

(9) *A note on Johannes Schonerus ;* by David Eugène Smith, pp. 79-80.

thode pour résoudre les égalitez et l'histoire du *Théorème de Rolle*, par Florian Cajori (1). — Une lettre d'Euler à d'Alembert, par P. Stäckel (2). (C'est la lettre du 15 février 1748, à laquelle Jacobi fait allusion, dans le long mémoire qu'il adressa à Fuss en mars-avril 1848 (3). La lettre était alors entre les mains de Friedlander ; elle appartient aujourd'hui à M. G. Lessing de Berlin. — Le perfectionnement apporté par Fourier à la méthode d'approximation de Newton et Raphson, devancé chez Mourraille, par Florian Cajori (4). — La considération de l'intégrale réelle comme fonction multiforme, chez Jacobi, par Schlesinger (5). — Note sur le rôle de William Hamilton dans l'histoire des groupes abstraits, par Miller (6). — La théorie des équations chez Kronecker et Galois, par Miller (7). — Antoine von Braunmühl. Notice nécrologique, par Henri Wieleitner (8). Antoine von Braunmühl naquit à Tiflis en Transcaucasie, d'un père Bavarois, le 22 décembre 1853, et mourut professeur à l'École technique supérieure de Munich, le 7 mars 1908. Il s'est surtout fait connaître par ses *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie* (9), ouvrage d'une remarque exactitude, qui pendant longtemps encore restera le grand titre de gloire de l'auteur. Héritier des papiers scientifiques de von Braunmühl, M. Wieleitner était tout désigné pour écrire cette notice. Elle est divisée en deux parties : biographie et bibliographie.

Pour terminer, nommons encore un très bon article de M. Eneström, sur la manière de poser les problèmes historiques (10); et deux autres sur les travaux de M. Valentin relatifs

(1) *On Michel Rolle's book « Methode pour résoudre les égalitez » and the history of « Rolle's theorem »* ; by Florian Cajori, pp. 300-313.

(2) *Ein Brief Eulers an d'Alembert* ; von P. Stäckel, pp. 220-226.

(3) *Der Briefwechsel zwischen C. G. J. Jacobi und P. H. v. Fuss über die Herausgabe der Werke Leonhard Eulers* ; von P. Stäckel und W. Ahrens. BIBL. MATH., 2e série, t. VIII, 1907 1908, p. 290.

(4) *Fourier's improvement of the Newton-Raphson method of approximation anticipated by Mourraille* ; by Florian Cajori, pp. 132-137.

(5) *Ueber Jacobis Auffassung des realen Integrals als einer mehrdeutigen Funktion* ; von L. Schlesinger, pp. 138-152.

(6) *Note on William R. Hamilton's place in the history of abstract group theory* ; by G. A. Miller, pp. 314-315.

(7) *Kronecker and the Galois theory of equations* ; by G. A. Miller, p. 182.

(8) *Anton von Braunmühl* ; von Heinrich Wieleitner, pp. 316-330.

(9) Leipzig, Teubner, t. I, 1900; t. II, 1903.

(10) *Ueber Probleme der mathematischen Geschitschreibung* ; von G. Eneström, pp. 1-10.

à la bibliographie des mathématiques, le premier par M. Valentin lui-même (1), le second par M. Eneström (2).

La traduction danoise des Eléments d'Euclide, par Thyra Eibe (3). — Je n'ai sous les yeux que les tomes 4-6 de cet ouvrage, et en essayant d'en rendre compte, la langue où cette version est écrite me met dans une position délicate. Je décline, c'est bien entendu, toute compétence sur le style et dois m'abstenir de juger l'exactitude du détail.

D'après la préface, les livres I et II (tom. 1), parurent en 1897; les livres III et IV (tom. 2), en 1900; les livres V et VI (tom. 3), en 1904. Les trois tomes suivants sont de 1912, livres VII-IX (tom. 4); livre X (tom. 5); livres XI-XIII (tome 6).

En Danemark, si je suis bien informé, les examens du professorat des mathématiques comprennent une connaissance très sérieuse de l'histoire de cette branche. Une science puisée dans les manuels ne suffit pas; on exige des candidats une étude personnelle et directe des *Éléments* d'Euclide. C'est dans le but de la leur faciliter que M. Thyra Eibe donne la présente édition.

Le traducteur a pris, pour base de son travail, l'excellente édition d'Heiberg, dont il me semble serrer le texte de près. On ne saurait trop l'en féliciter. Même de nos jours, il y a encore tout intérêt pour les géomètres à étudier Euclide, sinon dans la langue de l'écrivain, du moins dans un texte reproduisant fidèlement l'original. Rien n'est admirable comme la rigueur et la belle logique du génie grec! Quand donc nous donnera-t-on en français un manuel classique, abordable à toutes les bourses et calqué sur le modèle de l'édition de M. Thyra Eibe?

Le tome 6 se clôt sur une courte postface de 10 pages, par M. Zeuthen.

La traduction du Traité de la Méthode d'Archimède, par Heath (4). — On se rappelle la retentissante découverte

(1) *Ueber den gegenwärtigen Stand der Vorarbeiten für die allgemeine mathematische Bibliographie*; von G. Valentin, pp. 153-157.

(2) *Wie soll die Herausgabe der Valentinschen mathematischen Bibliographie gesichert werden?* von G. Eneström, pp. 227-232.

(3) *Euclids Elementer*, oversat af Thyra Eibe, cand. mag. (Copenhague) Gyldendalske Boghandel, Nordisk forlag, 1912. Tom. 4, pp. 118; tom. 5, pr. 177; tom. 6, pp. 178 et X.

(4) *The method of Archimedes recently discovered by Heiberg. A Supple-*

d'un traité longtemps perdu d'Archimède, faite en 1906, à Constantinople, par M. Heiberg de Copenhague. Aussi ne raconterons-nous pas ici, une fois de plus, après tant d'autres, comment le savant Danois parvint à déchiffrer, dans un palimpseste, la *Méthode pour les théorèmes mécaniques* adressée par Archimède à Eratosthène. Dès 1907, le texte grec en fut édité, ligne par ligne, dans HERMES (1), par M. Heiberg ; et la même année, il en publiait, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (2), une traduction allemande avec un riche commentaire mathématique de M. Zeuthen, collègue de M. Heiberg à l'université de Copenhague. Toujours en 1907, M. Théodore Reinach écrivait, pour la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, une version française du *traité* d'Archimède, précédée d'une *Introduction* par M. Paul Painlevé (3). Enfin, M. Heath nous donne aujourd'hui le *Traité* en anglais.

La personnalité du traducteur, sa compétence hors de pair comme helléniste, la haute autorité dont il jouit chez les historiens des mathématiques appellent une attention spéciale sur ce travail. L'auteur l'intitule : *Supplément à l'édition des Œuvres d'Archimède de 1897* (4) ; il est donc superflu de le dire, l'ouvrage est écrit suivant le même plan et d'après les mêmes principes. En d'autres termes, M. Heath ne nous donne pas une traduction proprement dite du géomètre de Syracuse ; c'est

ment to THE WORKS OF ARCHIMEDES *1897*. Edited by Sir Thomas L. Heath, K. C. B., Sc. D., F. R. S., Sometime fellow of Trinity College, Cambridge. Cambridge : at the University Press, 1912. In-8 de 51 pages.

La traduction du texte est précédée d'une courte, mais substantielle introduction, par M. Heath, datée du 7 juin 1912.

(1) *Eine neue Archimedeshandschrift*. HERMES, ZEITSCHRIFT FÜR CLASSISCHE PHILOLOGIE, t. 42, Berlin, 1907, pp. 235-303, avec la photographie d'une page du manuscrit.

On le sait, M. Heiberg a profité de la découverte du manuscrit de Constantinople, pour publier dans la collection des classiques de Teubner, une 2e édition très retravaillée de ses *Archimedis Opera Omnia*. Le 1r volume en a paru en 1910.

(2) *Eine neue Schrift des Archimedes*, von J. L. Heiberg und H. G. Zeuthen. BIBLIOTH. MATH., 3e sér., t. 7, 1906-1907, pp. 321-363.

(3) *Un Traité de Géométrie inédit d'Archimède*. REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, t. 18, Paris, Colin, 1907, pp. 911-928 et 954-961.

Les démonstrations des deux derniers théorèmes ont péri en entier. Outre les essais de reconstitution donnés dans les articles précédents, il y en a d'autres dans MATHESIS, t. 28, Gand, Hoste, 1908, pp. 25-31.

(4) *The Works of Archimedes, edited in modern notation*, by T. L. Heath, Cambridge : At the university Press, 1897.

plutôt un Archimède en style et notations modernes. D'une part, la suite des définitions, l'ordre des propositions, l'enchaînement des idées dans les démonstrations sont bien d'Archimède ; d'autre part, des égalités et des inégalités algébriques remplacent les longues phrases qui expriment les mêmes concepts dans l'original. Cette manière de faire est voulue. Je le constate, mais suis loin de le critiquer, car le procédé est parfait pour tous ceux qui ne sont que géomètres. Nous sommes même tellement habitués au style algébrique, que tous, dans une première lecture des auteurs anciens, il nous les faut traduire ainsi, la plume à la main, pour les comprendre.

Ceci n'empêche pas une remarque — et je ne la fais pas pour la première fois — : l'historien des mathématiques doit, par moments, s'affranchir de cette méthode, sous peine de s'égarer complètement. Les Grecs raisonnaient sur des lignes et des figures ; non pas sur des égalités, des inégalités et des lettres. Or, une épure et une formule algébrique ne mettant pas en évidence les mêmes propriétés provoquent des découvertes nouvelles, inspirent des généralisations très différentes les unes des autres. Nous le savons tous par expérience. Il nous a suffi pour cela de résoudre successivement un même problème, par la géométrie descriptive et la géométrie analytique.

Cette observation, peut-être en se servant du livre de M. Heath, le lecteur fera-t-il parfois prudemment de ne pas l'oublier. Mais je le répète, je n'ai nullement l'intention de critiquer le professeur de Cambridge ; car, en serrant le texte de plus près, son livre en fût probablement devenu plus obscur, et eût, dès lors, rendu beaucoup moins de services.

Notes d'astronomie syrienne. par F. Nau (1). — Article divisé en quatre petits chapitres : — I. Les conjonctions des planètes d'après Bardesane. — II. Atalià, ou le dragon céleste, cause des éclipses de lune, d'après Sévère Sébokt. — III. La plus ancienne mention orientale des chiffres Indiens. — IV. La date du traité de Sévère Sébokt sur l'astrolabe plan (2).

Seul le chap. III nous intéresse. M. Nau nous y donne d'abord un passage de Sévère Sébokt datant de l'an 662 de notre ère ; texte syrien et traduction. Puis il conclut en ces termes :

(1) Journal Asiatique, 10e série, t. XVI, Paris, 1910, pp. 209-228.

(2) Le *Traité de l'Astrolabe plan de Sévère Sébokt* a été publié, par M. Nau, dans le Journal Asiatique, 9e sér., t. 13, 1899, pp. 56-101, 238-303. J'en ai rendu compte dans la Revue en avril 1907.

« On savait que les chiffres transmis par les Arabes et l'arithmétique décimale provenaient des Indiens, mais on ne savait ni à quelle époque, ni par quels intermédiaires. D'après le texte précédent, les chiffres indiens étaient connus et très justement appréciés, l'an 662, par un Syrien, au monastère de Quennesré. Ce Syrien d'ailleurs, Sévère Sébokt, est homme de grande valeur qui a influé beaucoup sur la littérature syriaque : il a été évêque de son monastère, il en a fait un centre d'études grecques, il a composé beaucoup d'écrits, il a eu de nombreux disciples dont l'un, Athanase de Balad, devint patriarche des Jacobites, tandis que d'autres, Jacques d'Edesse et sans doute Georges des Arabes, sont des traducteurs et des polygraphes bien connus. Nous pouvons être certains que la connaissance des chiffres indiens, constatée en 662 au bord de l'Euphrate chez Sévère, a été transmise par lui à de nombreux disciples. Ce sont donc les Syriens qui nous apparaissent ici comme les intermédiaires qui ont transmis les chiffres indiens aux Arabes et aux Grecs modernes.

» Sévère était originaire de Nisibe, et l'Orient, depuis Alexandre, avait sans doute conservé avec l'Inde des relations commerciales auxquelles sont vennes se joindre les rapports mutuels des chrétientés de ces pays. »

Il y a dans ces réflexions de M. Nau des vues fort neuves, méritant l'attention (1).

L'algèbre chinoise, par le P. Van Hee, S. J. (2). — *Li Chang Tché,* mathématicien chinois relativement assez moderne, a réuni les travaux anciens de ses compatriotes. Pour nous les faire connaître, un érudit sinologue, qui a passé de longues années en Chine, le P. Van Hee, S. J., en traduit quelques extraits en guise de spécimen.

Dans un premier article, il donne 34 vieux problèmes du second degré roulant tous sur le triangle rectangle. Le P. Van Hee ne dit pas clairement à quel siècle il faut les faire remonter. Quoi qu'il en soit, voici la transcription des quatre derniers de ces

(1) C'est ce qu'a déjà fait M. Eugène Löffler, *Zur Geschichte der Indischen Ziffer,* Archiv der Mathematik und Physik, 3e sér., t. 19, Leipzig et Berlin, 1912, pp. 174-178.

(2) *Problèmes chinois du second degré,* par Louis Van Hee, T'oung-pao, t. XII, Leide Brill, 1911, pp. 559-562.

Algèbre chinoise, par le Rev. Père Van Hee, S. J. Même recueil, t. XIII, 1912, pp. 291-300.

problèmes en écriture et chiffres européens. Soit a l'hypoténuse, b la base, c la hauteur :

N° 31. Données $c + a = 144$ et $b + (a - c) = 28$, on demande a, b, c ?

N° 32. Si $c + a = 338$ et $(a - c) - b = 24$, que valent a, b, c ?

N° 33. On donne $a - c = 4$ et $b + (a + c) = 528$, chercher a, b, c ?

N° 34. Si $a - c = 12$ et $(a + c) - b = 1080$, chercher a, b, c ?

Le second article du P. Van Hee est beaucoup plus intéressant encore que le premier. Voulant généraliser ses problèmes numériques sur le triangle rectangle, *Li Chang Tché* les ramène tous à vingt-cinq types. Grâce au *T'ien-yuen* (l'algèbre) il trouve pour les résoudre une *marche mécanique* qu'il traduit en formules. Mais ici se dévoile cependant la différence entre le Chinois et l'Occidental.

« Chez le mathématicien jaune, dit le P. Van Hee, c'est l'amour du détail sans grand souci de la synthèse ; chez nos algébristes, depuis les Grecs jusqu'aux modernes, c'est le besoin de la généralisation scientifique. Les auteurs chinois semblent avoir eu pour objet d'épuiser, par additions et soustractions, toutes les combinaisons possibles pour varier les deux données nécessaires à la solution du triangle rectangle, dans leur système. Ils ne se sont pas aperçus, que c'est une espèce de progrès à rebours que de donner des noms différents à la base et à la hauteur du triangle rectangle...

» Le texte des problèmes et des solutions est concis, technique, obscur, très obscur même, aux non initiés. Toutefois comme il est pour ainsi dire stéréotypé, il suffira de traduire avec commentaire 5 ou 6 problèmes pour livrer la clef de tous les autres. »

La travail du P. Van Hee n'est pas banal.

L'invention des fractions décimales, par D. E. Smith (1). — Bien qu'il date de 1899, le mémoire de M. Gravelaar de Deventer sur les origines des fractions décimales (2) reste toujours le plus complet et le mieux documenté sur ce problème intéressant. Ce n'est pas que le savant hollandais ait épuisé le sujet ; selon nous, il ne le sera probablement jamais, et quand on attribue à

(1) *The invention of the Decimal Fraction*. TEACHERS COLLEGE BULLETIN, 1e sér., N° 5, New-York, 1910, pp. 11-21.

(2) *De Notatie der Decimale Breuken*. NIEUW ARCHIEF VOOR WISKUNDE, Amsterdam, 2e sér., t. 4, pp. 54-73.

Simon Stevin l'invention des fractions décimales il s'agit de s'entendre. Des exemples isolés de fractions décimales se rencontraient déjà bien longtemps avant Stevin, mais beaucoup mieux que ses devanciers l'illustre Brugeois aperçut les avantages de cette notation. Il insista sur l'utilité de l'employer d'une manière systématique et y consacra même, en 1585, un petit volume séparé : *De Thiende* (1). En outre, le premier probablement, il prôna l'adoption d'un système décimal des poids et mesures.

Les précurseurs de Stevin n'en restent pas moins fort intéressants, et la rareté des arithmétiques du XVIe siècle permettra pendant longtemps encore d'y faire des remarques neuves et curieuses. Plus d'un lecteur l'expérimentera en lisant le travail de M. Smith. Pour apprécier le développement et les progrès de la notation des fractions décimales, dit l'auteur, il se la faut figurer exactement telle qu'elle était, et non pas telle que nous nous la représentons avec nos caractères typographiques modernes. Dans ce but, il donne le fac-simile de quelques pages des arithmétiques anciennes contenant des notations typiques, pages reproduites par le procédé anastatique. Savoir : une page de la *Rechnung auf der Linien und Federn* d'Adam Riese (Erfurt, 1522) ; une de *La art de arithmeticha* de Francesco Pellos, ou Pellizati, de Nice (Turin, 1492) (2) ; une de l'*Exempel Büchlin Rechnung* de Christophe Rudolf (Augsbourg, 1530) ; une enfin de l'*Arithmétique* de Simon Stevin (Leyde, Plantin, 1585). Toutes ces arithmétiques se trouvent à la bibliothèque Plimpton, à New-York, aujourd'hui la plus riche du monde en arithmétiques du XVIe siècle.

Discours sur la vie et l'œuvre de Grégoire de Saint Vincent, par M. Neuberg (3) — Appelé comme directeur de la

(1) Tot Leyden, By Christoffel Plantijn, M.D.LXXV, (Univ. de Louvain et Musée Plantin à Anvers).

(2) Voici le titre de ce rarissime volume d'après les *Rara Arithmetica* de M. D. E. Smith, Boston, 1908, t. I, p. 51. *Sen segue de la art de arithmeticha et semblatment de ieometria dich ho nominatz, Cōpendiō de abacho 1234567890.*

A la fin : *Complida es la opera ordinada he condida Per noble Frances pellos. Citadin es de Nisa... Impresso in Thaurino lo present cōpendiō de abaco per meistro Nicolo benedeti he meistro Jacobo suigo de santo germano. Nel anno 1492, ad Di 29 de septembrio.*

(3) Bulletin de l'Académie Royale de Belgique (Classe des sciences), n° 12, pp. 922-932, 1911.

classe des sciences, à prendre la parole à la séance publique de l'Académie Royale de Belgique, M. Neuberg a cru, avec raison, pouvoir intéresser l'assistance en faisant un exposé succinct de la vie et de l'œuvre de l'illustre mathématicien belge. Le développement complet du sujet aurait excédé le temps accordé à l'orateur par la tradition; aussi M. Neuberg a-t-il écarté tout ce qui aurait eu un caractère un peu aride pour la solennité.

Le discours débute par un excellent résumé de la vie de Grégoire. Vient ensuite une analyse rapide des six premiers livres du *Problema Austriacum;* mais des six premiers livres seulement. Le grand ouvrage de Grégoire est, on le sait, divisé en dix livres.

« Le premier livre, dit M. Neuberg, renferme un grand nombre de théorèmes sur la division harmonique, que l'auteur appelle *division en moyenne et extrême raison proportionnelle;* on y rencontre aussi quelques problèmes assez curieux, une nouvelle démonstration du théorème de Pythagore, des relations métriques entre les éléments d'un triangle, de nombreuses applications de la théorie des lignes proportionnelles. Il y a aussi lieu de signaler des traces de la théorie de l'homothétie et des axes radicaux.

» Le livre II traite des progressions géométriques décroissantes prolongées indéfiniment; les termes sont représentés par des segments consécutifs d'une même droite. La limite de la somme des termes est établie par un procédé géométrique très ingénieux. Grégoire démontre un grand nombre des propriétés de ces progressions ; on les déduirait aujourd'hui de calculs très simples. Il considère aussi des surfaces semblables et des solides semblables en progression.

» Le livre III donne de nombreux théorèmes et problèmes sur le cercle, dont un recueil d'exercices pourrait encore aujourd'hui tirer un excellent parti. »

De nos jours, les livres IV, V et VI sont les plus connus de l'œuvre de Grégoire, grâce à la magistrale analyse de M. Bopp (1). M. Neuberg y relève un fait peu remarqué jusqu'ici : le *Problema Austriacum* donne, avant Chasles, les relations entre les coordonnées des extrémités de deux diamètres conjugués.

Pour terminer M. Neuberg nous dit enfin un mot du curieux

(1) *Die Kegelschnitte des Gregorius a St-Vincentio*, Leipzig, Teubner, 1907. J'en ai rendu compte dans la REVUE, en juillet 1907.

chapitre de Grégoire consacré à l'analogie *(symbolisatio)* de la parabole et de la spirale d'Archimède.

Sur l'histoire du calcul infinitésimal entre les années 1620 et 1660, par A. Aubry (1). — « Malgré tout ce qui a été dit sur l'histoire de l'invention du calcul infinitésimal, il s'en faut qu'on en aît tout dit ! » A cette observation, M. Aubry ajoute quelques réflexions fort justes. Je les abrège un peu.

L'enchaînement des découvertes, la mise en relief de l'influence qu'elles ont eue les unes sur les autres, doit être l'un des principaux objectifs de l'historien des mathématiques. Or relativement aux origines du calcul infinitésimal, ce but est particulièrement difficile à atteindre.

Le plus souvent, se basant sur l'importance du commerce épistolaire, qui existait entre savants au XVIIe siècle, les historiens se sont attachés à relater à la date des lettres écrites par les géomètres, des travaux consignés dans des livres parus longtemps plus tard. Et cependant, par suite de cette tardive publication, un petit nombre seulement de savants avaient jusque-là profité réellement de la découverte.

Veut-on, au contraire — comme l'a fait, par exemple, M. Aubry lui-même, dans son *Essai sur l'Histoire des Courbes* (2), où se trouvent traités incidemment quelques points de l'histoire du calcul infinitésimal — veut-on s'astreindre à citer les découvertes dans l'ordre chronologique de leur divulgation imprimée? Cette manière de procéder prête également à la critique. Il ne suit pas de la publication imprimée d'une découverte, que celle-ci aît été immédiatement connue et appréciée, même par le public restreint que constituaient les savants d'alors. Cette publication a-t-elle toujours influé sur les découvertes suivantes? Il est au contraire certain que la correspondance des savants a presque autant que leurs ouvrages contribué au progrès de la science.

Pour répandre la lumière sur l'histoire du calcul infinitésimal, un recueil, aussi complet que possible, de documents relatifs à cette histoire serait d'une haute importance. Il y aurait lieu surtout de rechercher des pièces peu connues aujourd'hui, soit

(1) ANNAES DA ACADEMIA POLYTECHNICA DO PORTO, publicados sob a direcção de F. Gomes Teixeira, Coimbra, t. VI, 1911, pp. 82-89. L'article est en français.

(2) Même recueil, t. IV, 1909, pp. 65-112. L'article est, comme le précédent, écrit en français.

parce qu'elles se trouvent comme noyées dans des ouvrages paraissant étrangers aux mathématiques, soit qu'elles aient été écrites d'une manière embrouillée qui a rebuté le lecteur, soit enfin qu'elles soient dues à des auteurs à tort ou à raison disqualifiés.

M. Aubry, dans sa présente note, a pour but d'apporter une contribution à un tel recueil, en nous y donnant, accompagnés de commentaires, des extraits de Snellius, de Mersenne et de La Louvère.

Le *Tiphys Batavus* de Snellius (1), destiné à fournir des méthodes de calcul pour les tables loxodromiques, ne paraît pas avoir assez attiré l'attention des historiens des mathématiques. Dès 1624, on y trouve cependant nettement indiqué le *triangle différentiel* formé des différentielles de l'abscisse, de l'ordonnée et de l'arc. L'ouvrage contient aussi déjà des vues intéressantes sur la rectification des courbes. Comme document justificatif, M. Aubry transcrit la Proposition XVII du *Tiphys*.

De Snellius, M. Aubry passe à Mersenne.

« On sait, dit-il, que Roberval le premier a eu l'idée de la comparaison des arcs de la parabole et de la spirale; comparaison justifiée depuis par Pascal et réduite à son principe par Grégory. Cette découverte a été rapportée par Mersenne, dans ses *Cogitata Physico-Mathematica* (2) et elle est, semble-t-il, de nature à justifier la mention qui va en être faite. »

Suit le passage de Mersenne.

En attribuant sans aucune réserve à Roberval, l'idée de comparer les arcs de la parabole avec ceux de la spirale, M. Aubry n'oublie-t-il pas Grégoire de Saint-Vincent? Sans doute le *Problema Austriacum* fut imprimé en 1647 seulement; mais le curieux appendice sur l'analogie de la parabole et de la spirale fut écrit bien antérieurement. Dès 1625, nous dit Grégoire lui-même, il le montra à Grienbergen (3). On n'a pas de raison de révoquer sa parole en doute.

Pour terminer M. Aubry passe à la *Quadratura circuli* de La Louvère (4); mais cette fois il ne nous donne plus aucun véritable extrait. Sa note sur La Louvère est à proprement parler une addition à l'*Essai sur l'Histoire des Courbes*, cité ci-dessus.

(1) Lugduni Batavorum. Ex officina Elzeviriana, anno 1624 (Bibl. Roy. de Belg., V. H. 29522).

(2) Parisiis. Apud Antonium Bertier, 1644-1647 (Bibl. Roy. de Belg., V. 4825).

(3) *Problema Austriacum*, p. 664.

(4) Tolosae. Apud Petrum Bosc. MDCLI (Bibl. Roy. de Belg., V. 4977).

Une observation encore. Pour rendre les textes latins cités par M. Aubry intelligibles, il eût été bien utile d'y ajouter les figures qui les accompagnent dans les ouvrages originaux. Si j'ai compris ces textes, c'est grâce à l'attention qu'avait eue M. Aubry de dessiner lui-même ces figures à la plume, dans l'exemplaire dont il m'a fait hommage.

L'histoire de la résolution des équations numériques, par Cajori (1). — Bon travail divisé en trois parties : 1. Les précurseurs de Viète ; 2. Viète, Newton et Lagrange ; 3. Temps modernes.

M. Cajori a beaucoup étudié l'histoire de la résolution des équations numériques et la traite avec compétence. Un oubli cependant : parmi les précurseurs de Viète, M. Cajori cite avec raison Stevin à l'occasion de la résolution de sa célèbre équation du troisième degré

$$x^3 = 300x + 33\,915\,024.$$

Mais pourquoi ne pas avoir en même temps nommé au moins en passant un autre géomètre des Pays-Bas, le plus prodigieux de tous les calculateurs de la fin du XVIe siècle, Ludolphe van Ceulen (2) ?

Les descendants américains de Gauss, par Cajori (3). — Article intéressant surtout le folk-lore américain ; aussi eus-je peut-être passé ce petit travail de M. Cajori sous silence, sans une si jolie lettre inédite du vieux Gauss à son fils Wilhelm, que je cède au plaisir de la traduire. En 1837, ce Wilhelm Gauss se rendit à la Nouvelle-Orléans ; d'où, après un voyage sur le Mississipi et le Missouri, il s'établit définitivement, avec le consentement paternel, dans le Far-West. Wilhelm Gauss y avait amené sa jeune femme, Louise Fallenstein, cousine germaine du mathématicien Bessel, par la mère de ce dernier.

(1) *A History of the Arithmetical Methods of Approximation to the Roots of Numerical Equations of one Unknown Quantity.* COLLORADO COLLEGE PUBLICATION, Science series, t. XII, Colorado, 1910, pp. 171-287.

(2) Voir mon mémoire : *Un Emule de Viète : Ludolphe van Ceulen. Analyse de son « Traité du Cercle »*. ANN. DE LA SOC. SCIENT., t. 34, Bruxelles, 1910, 2e part., pp. 88-139.

(3) *Notes on Gauss and his American descendants* ; by professor Florian Cajori. POPULAR SCIENCE MONTHLY, New-York, août 1912, pp. 105-114.

« Cher Wilhelm,

» Ta lettre du 16 janvier (reçue le 26 février) m'a comblé de joie à bien des égards. Il en résulte d'abord, qu'à tout point de vue, tu es satisfait de ton sort. Combien peu d'hommes, en Allemagne — je dirais mieux en Europe — peuvent se rendre le même témoignage ! Je ne saurais toutefois le nier, je ne parvieus pas à me représenter exactement votre genre de vie. C'est d'autant plus malaisé, qu'il faut, infiniment plus que dans le vieux monde, se figurer les choses de là-bas en perpétuelle transformation et toutes différentes de ce qu'elles étaient il y a 14 ans. Les récits de voyages dans l'Amérique du Nord sont rarement conduits aussi loin vers l'ouest. Votre situation là-bas flotte pour moi comme dans un nuage. Je souhaiterais savoir, par exemple, si les plantations cultivées sont encore fort éparpillées, ou si elles sont déjà groupées les unes près des autres ; si les propriétaires allemands y sont nombreux, ou si les terrains appartiennent pour la plupart à des Américains d'origine (avec leur besoin de mouvement, ils ne doivent pas, je crois, rester volontiers longtemps à la même place) ; si parmi tes voisins, il y en a beaucoup avec lesquels tu entretiens des relations amicales ; si parmi les nombreux proscrits à la suite des fréquentes révolutions et émeutes allemandes de ces dernières années, beaucoup sont devenus tes voisins. L'émigration vers l'Amérique semble continuer à croître chaque année. Ici même, à Gottingue, plusieurs ont annoncé leur prochain départ, dans le journal hebdomadaire. Pour autant que j'en puis juger, ce sont, la plupart, des hommes sans valeur.

» Thérèse t'écrira sans doute en détail les nouvelles d'ici. Pour moi, je me sens chaque année vieillir. Vu mon âge, je n'ai cependant pas lieu de particulièrement me plaindre. Le plus triste effet d'un grand âge est de nous arracher de plus en plus, les uns après les autres, nos vieux amis. Dès la fin de 1850, mourut Schumacher ; puis, très subitement, le 14 février 1851, Goldschmidt. La veille au soir, il avait encore été chez moi, en pleine santé et d'excellente humeur. Sa perte m'a longtemps causé beaucoup de souci, car mon état de santé ne me permettait pas de prendre part aux observations de l'observatoire. Pour le moment j'ai très bien comblé ce vide, car au lieu d'un aide j'en ai deux (en partie sur le traitement de Goldschmidt). C'est un couple de jeune gens distingués, plein de zèle pour les obser-

vations. L'un d'eux, le Dr Westphal, a déjà eu la chance de découvrir, le premier, une comète.

» Meyerstein se porte bien et m'a chargé de te faire ses compliments. Il en est de même du Dr Ruete, professeur ici depuis quelques années, très recherché comme oculiste. Sous peu il quittera Gottingue, car il a accepté une brillante invitation pour Leipzig.

» La perspective que tu m'offres de m'envoyer un jour la photographie de tes enfants, ou du moins de quelques-uns d'entre eux — car le plus jeune ne saurait rester assez longtemps tranquille — me réjouit beaucoup. Mais en attendant, je te prie de m'écrire au moins la date de la naissance et l'âge de tous tes enfants. Je les connais uniquement pour le dernier (1r juillet 1851) par une lettre de ta chère femme à Thérèse. Je vois avec chagrin, par ta dernière lettre, qu'une des lettres de mon cher petit-fils aîné doit s'être perdue, car je ne l'ai pas reçue. S'il voulait à la prochaine lettre ajouter quelques lignes, cela me ferait bien plaisir. Qu'il ne se mette pas en peine de la langue ; je les recevrai tout aussi volontiers s'il préfère les écrire en anglais.

» On travaille activement au chemin de fer de Hanovre à Cassel, notamment dans le voisinage de Gottingue. La gare viendra devant la *Gronerthor* près de l'*Anatomie*. Si je vis jusqu'à son achèvement (dans deux ans d'ici, probablement), je me résoudrai bien à faire encore une fois le voyage de Hanovre. J'y ai un petit-fils de 3 ans 1/4 que je n'ai pas non plus encore vu. Depuis septembre 1830, je n'ai pas passé une seule nuit hors de chez moi.

» Maintenant porte-toi bien, mon cher fils, avec toute ta famille.

» Ton père, toujours affectionné à toi,
» C. F. Gauss.

» Gottingue, le 7 août 1852. »

H. Bosmans, S. J.

ETHNOGRAPHIE

—

La Chronologie du Quaternaire. — M. Bayer, de Vienne, a publié deux travaux remarquables sur la chronologie du Quaternaire (1). A la Société d'Anthropologie de Berlin, il a exposé avec leurs arguments respectifs les deux systèmes de chronologie que l'on fait valoir dans l'état actuel de la science.

D'après M. Penck, le savant professeur de Vienne, le Magdalénien seul succède au Wurmien ou dernière époque glaciaire.

Il s'appuie principalement sur les résultats qu'ont donnés les fouilles de la célèbre station du Schweizersbild près de Schaffhouse. On peut voir, d'après la belle coupe que M. Nuesch a exposée au Musée de Zurich, que les étages magdaléniens reposent directement sur les cailloutis déposés par le Wurmien.

Une partie du Moustérien, l'Aurignacien et le Solutréen, ont évolué pendant la dernière époque interglaciaire, entre le Rissien et le Wurmien.

Le Moustérien froid est contemporain du Rissien.

Le Chelléen et l'Acheuléen sont interglaciaires et doivent être intercalés entre le Rissien et le Mindélien.

Le second système est celui de M. l'abbé Obermaier qui n'admet pas la chronologie de son ancien professeur de géologie.

Le Magdalénien, le Solutréen et l'Aurignacien sont postglaciaires et postérieurs au Wurmien.

Le Magdalénien est certainement postglaciaire et parce que les trois phases de l'âge du renne forment un tout parfait, caractérisé par la faune du mammouth et du rhinocéros à narines cloisonnées et que le Magdalénien s'annonce déjà dans l'Aurignacien, on ne peut séparer ces trois phases et il faut les placer ensemble après le Wurmien.

Le Moustérien est contemporain du Wurmien et seuls le Chelléen et l'Acheuléen ont précédé la dernière époque glaciaire et viennent s'intercaler entre le Rissien et le Wurmien.

Contre ce système, M. Penck présente l'objection suivante : la station de Wildkirchli du mont Saentis (Suisse), a révélé une

(1) Josef Bayer. *Das geologisch-archäologische Verhältnis im Eiszeitalter.* Dans ZEITSCHRIFT FÜR ETHNOLOGIE, 44 Jahrgang 1912, p. 1 et suiv.; et *Ueber das Alter des Menschengeschlechtes.* IBIDEM, p. 180 et suiv.

industrie moustérienne : or cette grotte n'aurait pu être accessible pendant le Wurmien ; il faut donc intercaler ce gisement moustérien entre le Rissien et le Wurmien, et si on constate ailleurs la présence du Moustérien froid, il faut que ce Moustérien soit plus ancien et se soit développé pendant le Rissien.

Un gisement moustérien à Liége et l'origine du limon hesbayen. — Nous avons reçu de M. Max Lohest et de M. Charles Fraipont un volumineux et savant mémoire sur le limon hesbayen de la Hesbaye et sur les silex moustériens qui ont été découverts dans les dépôts de ce limon. Cette découverte a été effectuée dans une carrière de la rue Jean de Wilde à Liége, située au point culminant du plateau hesbayen (1). Cette carrière présente la coupe suivante :

« 1° Terre arable, sol remanié environ 50 centimètres.

» 2° Terre à brique avec canalicules dus aux racines ; en un point, exceptionnellement, lits sableux onduleux 2m50.

» 3° Limon doux, fin, grisâtre souvent très calcarifère reposant parfois directement avec contact ravinant, parfois séparé par un cailloutis à industrie moustérienne, sur le limon suivant. On rencontre parfois des silex moustériens au bas, sans qu'il y ait de cailloutis : 0m60.

» 4° Limon homogène du type limon fendillé, peu de cailloux, épaisseur variable, peut manquer.

» 5° Limon moucheté de points et traces de ferro-manganèse, renferme des cailloux et silex moustériens isolés, lentilles de cailloux, lits de cailloux avec industrie moustérienne ; en un point une bande de terre plus noire forme un bassin dans sa masse. Ce terme est très constant, mais variable d'épaisseur.

» 6° Limon panaché roux et jaune, manque parfois (4, 5 et 6 mesurent ensemble 5 à 6 mètres).

» 7° Cailloux de 10 à 40 centimètres d'épaisseur, cailloux surtout de quartz blanc, de silex, de quartzite revinien, de psammite paléozoïque, de grès tertiaire, etc., avec industrie

(1) Max Lohest et Charles Fraipont. *Le limon hesbayen de la Hesbaye.* Dans Annales de la Société géologique de Belgique. Mém. in-4°, 1911, 1912. — Hugo Obermaier. *Le limon hesbayen de la Hesbaye (Belgique).* Dans l'Anthropologie, 1912. Tome XXIII, p. 119. — G. Cumont. *Silex taillés dans les limons de Sainte-Walburge à Liége.* Dans Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles. Tome XXXI, 1912, p. CIII. — Ch. Fraipont. *Un mot sur le limon hesbayen de Liége.* Dans Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles. Tome XXXI, 1912, p. CXCII.

Vieux-Moustérien. Ce cailloutis est cimenté par places par du ferro-manganèse ; il est alors poudinguiforme. Aucun fossile n'a été rencontré dans cette coupe.

» 8° Sables jaunes et blancs tertiaires, correspondent à l'aquitanien de Boncelles (5 mètres environ).

» 9° Silex du crétacé en place. »

Certains géologues estiment que le limon hesbayen est d'origine éolienne ; d'autres attribuent le dépôt de ce limon à une crue d'âge très ancien ; M. Rutot attribue cette inondation à l'époque moustérienne. En s'appuyant sur l'analyse des dépôts accumulés dans les grottes, MM. Lohest et Fraipont ont démontré que la formation du limon hesbayen doit être attribuée au ruissellement. L'homme quaternaire a habité notre pays alors que les vallées étaient presque totalement creusées et que le relief du sol était devenu sensiblement le même qu'aujourd'hui. Les cailloutis, rencontrés dans la carrière, sont des formations de ruissellement des lits d'anciens petits ruisseaux, conduisant les eaux pluviales à des ravinements plus importants allant déverser leurs eaux dans la Meuse. Comme les silex d'âge moustérien ont été trouvés dans toute la masse du limon hesbayen, celui-ci a été déposé durant toute l'époque moustérienne : l'hypothèse d'un dépôt lent et successif par ruissellement est donc la seule qu'il soit possible de justifier.

La station solutréenne d'Ondratitz (Moravie). — Dans son ouvrage *Der diluviale Mensch in Europa* (1903), M. Hörnes avait attribué au Solutréen plusieurs stations de l'Allemagne et de l'Autriche. Depuis la publication de ce livre, la plupart de ces stations ont été classées dans l'Aurignacien et M. Hörnes en est arrivé à penser que le Solutréen fait défaut dans l'Europe orientale et est un type d'industrie d'une étroite délimitation locale.

Dans un savant article, publié dans l'Anthropologie (1), M. Charles Maska et M. l'abbé Obermaier signalent plusieurs stations de l'Europe orientale que l'on peut ranger dans le Solutréen typique :

« D'après les constatations faites jusqu'à ce jour, le Solutréen typique existe à l'Est de l'Europe centrale : d'abord en Moravie, où la station des chasseurs de Mammouth de Predmost livra, à Charles Maska, douze pointes en feuille de laurier. En Hon-

(1) Tome XXII, 1911, p. 403.

grie, nous connaissons, d'autre part, déjà deux stations solutréennes : celle de Miskolcz, où, en 1905, dans le cimetière de la terrasse d'Avas, a été recueillie une pointe en feuille de laurier de 74 millimètres de long, 29 millimètres de large et 9 millimètres d'épaisseur, et surtout la grotte de Szeleta, dans la vallée de la Szinva, au nord de Miskolcz, où les jeunes et intrépides chercheurs O. Kadic et E. Hillebrand ont ouvert une station extraordinairement riche, qui contient une grande quantité de pointes en feuille de laurier et, actuellement, n'est pas encore entièrement fouillée... Connue depuis longtemps est la grotte de Wierzchow ou grotte du Mammouth, non loin d'Ojcow, dans la Pologne russe. Elle renfermait une couche moustérienne, solutréenne et peut-être aussi magdalénienne. Une couche solutréenne s'est trouvée également dans la grotte de Kozarnia... »

Les auteurs analysent longuement les découvertes effectuées dans la station paléolithique d'Oudratitz et ils l'attribuent également à l'époque solutréenne. Voici en quels termes ils décrivent le gisement : « A la station solutréenne de Predmost vient s'ajouter maintenant une autre, non moins importante, située près du village d'Ondratitz, dans la préfecture de Wichau (Moravie centrale). Ce village se trouve à peu près à mi-chemin entre les villes de Brünn et d'Olmütz, un peu à l'ouest de la grande route qui relie ces deux chefs-lieux. Le terrain de la découverte lui-même s'étend sur la pente orientale du haut plateau de Drahan ; il est caractérisé par le manque absolu d'une couverture de loess.

» Des découvertes paléolithiques furent faites, dans ces derniers temps, sur les champs au sud-est, au sud et au sud-ouest d'Ondratitz. La station principale s'étend sur environ 10 000 mètres carrés... Le sol labourable, peu profond, mesure à peine $0^{m}20$ par place. Le terrain sous-jacent consiste en sables et graviers néogènes.

» Les découvertes paléolithiques consistent exclusivement en instruments de pierre taillée ; ils apparaissent à peu de profondeur dans la terre arable noire. On y trouve aussi de l'ocre, de la sanguine et des traces de charbon ; mais, par contre, aucun reste d'ivoire ou d'ossements. Cette absence complète de vestiges de faune, s'explique par le fait que, faute d'une couche protectrice de loess, tous les restes organiques ont dû se décomposer et se dissoudre dans le cours des millénaires. »

Parmi les nombreux instruments en silex, qui ont été recueillis dans cette station, nous pouvons mentionner cinq pointes en

feuille de laurier, dont la présence atteste l'origine solutréenne de la station d'Ondratitz.

Les Torricos d'Albarracin. — Dans un massif de grès rouge, voisin de la ville d'Albarracin, située dans l'Aragon, M. l'abbé Breuil et M. Cabré ont découvert deux abris, dont les parois sont ornées de fresques (1).

Le premier se trouve à quatre kilomètres de la ville. La paroi verticale du fond forme une frise assez unie, peinte sur environ quatre mètres. Voici en quels termes les auteurs rendent compte de ces remarquables peintures rupestres : « Toutes les figures représentent des Bœufs sauvages. A l'exception de la seconde et de la troisième depuis la droite, elles se détachent en couleur claire sur le fond rouge sombre, presque noir, de la roche. Leur teinte est indéfinissable, et varie du rose gris très pâle à la couleur crème un peu jaunâtre ; la première figure et la dernière ont quelques légères touches noires ; celle-ci, un simple liséré qui va de la nuque au sommet du garrot ; celle-là, la même ligne un peu prolongée, mais aussi la partie antérieure de la tête et de l'œil ponctiforme. Quatre de ces silhouettes sont bien entières ; une cinquième, dont il ne reste que la tête, est oblitérée par une autre, dont le corps seul est à peu près lisible, et teinté en ocre jaune peu visible. Quant à l'avant-dernier bœuf, situé vers la droite, il est peint en rouge sombre, partiellement recouvert d'incrustations transparentes sous lesquelles la teinte véritable se note plus facilement, ainsi qu'un liséré blanchâtre suivant tout le contour dorsal ; les sabots d'un de ses pieds de devant étaient peints en noir. Il y a donc des indications de technique polychrome naissante sur trois de ces peintures. Plusieurs d'entre elles laissent apercevoir l'œil, la narine ou la bouche, soigneusement réservés au milieu de la masse colorée, tandis que les deux sabots des pieds sont généralement distincts et comme vus de face. Les encornures aussi sont dessinées de face, à l'exception d'une seule, où la tendance au profil est très nette ; toutes ont une disposition lyriforme, et entre la base des deux cornes élégamment sinueuses, la courbe se continue sans renflement sensible du front. »

Un second abri est distant d'un kilomètre du premier. Son

(1) L'abbé H. Breuil et Juan Cabré Aguilo. *Les Peintures rupestres d'Espagne. Los Toricos d'Albarracin.* Dans l'Anthropologie, 1911, t. XXII, n° 6, pp. 641 et suiv.

accès a nécessité une véritable escalade, car il est situé sur une corniche, au sommet de la falaise. « La paroi du fond de l'abri, formée par la tranche presque verticale des assises gréseuses, porte toute une frise peinte, longue d'environ quatre mètres et comprenant six grandes figures de taureaux, dont trois très bien conservées ; un cervidé se trouve placé au-dessus, et quatre taureaux de moindre dimension forment le bas de la frise, dont le centre est occupé par cinq personnages humains. »

Ces peintures rupestres datent du Paléolithique supérieur. Il est vrai qu'on y rencontre ni renne, ni bison, ni mammouth, mais le style animalier de ces fresques démontre leur similitude avec les produits de l'art paléolithique français.

L'Abri sculpté de Cap-Blanc. — M. le Dr Lalanne a découvert à Laussel (Dordogne) un abri sculpté de l'époque magdalénienne. Une roche forme sur une longueur de 15 mètres un à pic de 3 à 5 mètres.

Dans la terrasse qui s'étend au pied du banc rocheux, on a découvert une station que l'on peut rapporter au Magdalénien ancien.

On n'a pas récolté de harpons, mais de nombreuses aiguilles, des poinçons, des lames d'os amincies, des lissoirs massifs, des sagaies du type fusiforme ou à base d'un seul biseau, des baguettes à sections semicylindriques, des dents et des coquilles percées ayant servi de parures, de rares gravures d'animaux, un singulier bâton de commandement, dont la branche la plus courte figure un pied humain, avec quatre orteils aux ongles bien visibles, et des instruments en silex plus massifs que ceux du Magdalénien supérieur.

Quand on eut dégagé la paroi de l'abri de la mousse et de la terre qui la couvraient, on a été stupéfait de voir apparaître plusieurs figures de chevaux, de bœufs et de bisons, sculptées à profondes entailles et présentant un relief remarquable. Il y a des reliefs de chevaux, qui mesurent une longueur de 2,30 m.

La découverte inattendue de cette véritable frise paléolithique a montré que l'art pariétal de l'époque magdalénienne ne s'est pas seulement développé dans les cavernes, mais que les plus belles sculptures ont été peut-être exécutées, à la lumière du soleil, sur les parois des rochers (1).

(1) Dr Lalanne et l'Abbé H. Breuil, *L'Abri Sculpté de Cap-Blanc à Laussel (Dordogne)*, dans l'ANTHROPOLOGIE, 1911, tome XXII, p. 385 et suiv.

Station tardenoisienne à Huccorgne. — M. G. Francotte a exploré une station tardenoisienne au lieu dit *Thier Molu* à Huccorgne (1). Les microlithes, qui pourraient présenter des contours géométriques plus nettement déterminés, relèvent du type de Remouchamps et sont confectionnés en silex de provenance inconnue, en grès lustré et en quartzite de Wommersom.

La station néolithique de Lincé (Sprimont). — M. Ch. Fraipont décrit une station néolithique, que plusieurs archéologues liégeois ont explorée à Lincé, village situé sur le territoire de la commune de Sprimont (2). L'outillage lithique est particulièrement abondant et présente les caractères suivants :

« Les néolithiques ont travaillé le silex à Lincé et aux environs, mais les haches et les grandes pièces ont été importées ; cela est démontré par la petitesse des nuclei. Ils ont habité longtemps la région ; la double patine de certaines pièces montre que celles-ci ont été abandonnées, puis retaillées après une longue exposition ; la non homogénéité de l'industrie indique aussi une longue période de séjour des néolithiques dans cette contrée.

» L'industrie qui nous occupe était très différente de celle des fonds de cabanes de la Hesbaye, car si certaines pointes de flèches et certains grattoirs rappellent des pièces rencontrées dans les fonds de cabanes, les nuclei et les percuteurs de Lincé sont beaucoup moins réguliers.

» Si les néolithiques de Lincé ont, ce qui est hors de doute, fabriqué sur place leurs petites pièces avec du silex des environs, les grandes pièces n'ont subi sur place qu'une sorte d'accommodation ou de retaille. Les haches en phtanite et en grès ont probablement été amenées toutes taillées à Lincé. Nous devons admettre soit que les néolithiques allaient assez loin chercher et travailler la matière première de leurs armes, soit qu'une partie de celles-ci provenait de relations d'échange avec des néolithiques d'une autre partie du pays. »

On a recueilli aussi à Sprimont, aux environs de Lincé, des amygdales acheuléennes et des pointes moustériennes : mais il s'agit de pièces isolées et on ne peut les rapporter à un gisement caractéristique d'une époque.

(1) G. Francotte, *Atelier tardenoisien de Huccorgne*, dans Bulletin des Chercheurs de la Wallonie, 5e année. 1912.

(2) Charles Fraipont, *Les industries paléolithiques et néolithiques des environs de Lincé (Sprimont)*, dans Annales de la Fédérat. archéol. et hist. de Belgique, Congrès de Malines 1911, tome II, p. 859.

Le Néolithique de la Flandre occidentale. — M. le baron M. de Maere a découvert plusieurs stations néolithiques, dans la Flandre occidentale (1), notamment à Aertrycke, à Zedelghem, à Hooghlede et à Westroosebeke. Dans la station du Moubeek, à Aertrycke, il a recueilli un fragment de lame de 0m09 de longueur ; les rebords et le dos de cet instrument sont finement retouchés et c'est probablement le premier spécimen en silex du grand Pressigny, qui ait été découvert dans la Flandre occidentale.

La question du Pithécanthrope. — L'Institut académique de Berlin et l'Académie bavaroise des sciences avaient organisé une expédition à Java pour rechercher les restes du Pithécanthrope. Mme Selenka, aidée de plusieurs collaborateurs, avait été chargée de cette mission scientifique. Cette dame avait reçu une subvention de 35 000 fr. de l'Institut académique de Berlin et une autre, assez forte, de l'Académie bavaroise ; elle avait dû dépenser en outre de sa poche une somme rondelette pour mener à fin son expédition. Des rapports sur ces investigations ont paru en 1911 et M. Deniker en a rendu compte dans l'Anthropologie (2). La mission a recueilli une ample moisson de faits paléontologiques et géologiques, mais en ce qui concerne le Pithécanthrope, les résultats ont été négatifs. Tout se réduit à une dent humaine, trouvée par un sergent-major hollandais à trois kilomètres et demi de Trinil, parmi les cailloux roulés de la rive gauche d'un ruisseau, et à quelques os que l'on prétend travaillés de main d'homme !...

A quoi bon rechercher les vestiges du Pithécanthrope ? Le Pithécanthrope est un Singe fossile. Voici à son sujet, l'opinion de M. Boule, dont nul ne peut contester l'autorité :

« Il y a des lois morphologiques qui permettent de reconnaître si les rapports des os sont normaux ou bien s'il y a, dans ces rapports, des troubles dus à une intervention étrangère ; en ce qui concerne la calotte cranienne de Trinil, je considère, et je l'ai dit souvent à mes cours, qu'elle a pu appartenir à une espèce géante du genre Gibbon....

» On peut admettre que, morphologiquement, le crâne de

(1) A. de Loë. *Rapport sur les recherches et les fouilles, exécutées par la Société d'Archéologie de Bruxelles, pendant l'exercice 1911.* Dans Annales de la Soc. d'Archéol. de Bruxelles, tome XXVI, 1912, p. 157.

(2) J. Deniker. *L'expédition de Mme Selenka à la recherche des restes du Pithecanthropus.* Dans l'Anthropologie, tome XXII, 1911, p. 551.

Trinil est intermédiaire, à certains égards, entre un crâne de singe et un crâne d'homme. Je ne crois pas qu'on puisse le considérer comme intermédiaire au point de vue phylogénique. En d'autres termes, le rameau évolutif auquel appartient le Pithécanthrope n'a probablement rien de commun avec le rameau humain.

» Je répète qu'à mon avis le Pithécanthrope peut représenter une forme géante, une forme amplifiée de singe rentrant dans le genre Gibbon. La morphologie des pièces osseuses recueillies à Trinil ne s'oppose pas à cette vue, et la paléontologie des terrains pliocènes et quaternaires de tous pays nous fournit divers exemples analogues : les énormes Marsupiaux d'Australie (*Diprotodon)* ; les *Megatherium* et *Glyptodon* de l'Amérique du Sud, qui ne sont que des Paresseux et des Tatous gigantesques ; le *Megaladapis* de Madagascar, ou *Adapis* amplifié ; le *Trogontherium* du Quaternaire des environs de Paris, sorte de Castor énorme, et toute la série des grands oiseaux marcheurs récemment éteints...

» Donc, quelque intéressant que soit le fossile de Java, au point de vue morphologique, je crois qu'on doit l'écarter absolument de la lignée ancestrale de l'homme. Celle-ci est composée d'une série de termes dont nous ne connaissons que les derniers. Les racines doivent plonger dans un lointain passé... A mesure que la paléontologie progresse, les divers phylums remontent vers ce passé en gardant leur autonomie, et leurs soudures aux branches maîtresses se font de plus en plus loin, le plus souvent au delà des points que nous pouvons atteindre... (1) »

Le lecteur aura fait les réserves nécessaires, concernant le point de vue phylogénique, auquel le savant paléontologiste se place. Ce qui nous intéresse, c'est qu'il ressort des observations de M. Boule que le Pithécanthrope peut être considéré comme un singe fossile et que, dans le système de l'évolution, les points de jonction des divers rameaux appartiennent le plus souvent au domaine des hypothèses et s'écartent de l'ensemble des faits dûment constatés.

Les éolithes et les instruments de pierre des Tasmaniens. — M. Rutot a souvent comparé les éolithes aux instruments de

(1) Institut français d'Anthropologie. COMPTES RENDUS DES SÉANCES, p. 25. Supplément à l'ANTHROPOLOGIE, t. XXII, 1911.

pierre des Tasmaniens et, après comparaison, il a affirmé que les deux industries sont exactement les mêmes. M. Exsteens a étudié les outils en silex des Tasmaniens, et voici les conclusions auxquelles l'a amené son examen de l'industrie lithique des Tasmaniens (1) : « Pour M. Rutot, la comparaison directe consiste à prendre une série d'instruments éolithiques, et de voir si, à côté de chacun d'eux, on peut en placer d'identiques de la série tasmanienne que le Musée de Bruxelles doit à la générosité du Dr F. Noetling.

» Ce système de comparaison nous semble présenter bien peu de garantie ; en effet, si, pour déterminer les caractères d'une industrie, il suffisait de choisir les plus mauvaises pièces et de les considérer comme instruments typiques, on finirait par ne plus voir que des facies éolithiques à tous les degrés de la chronologie préhistorique.

» Certes l'industrie tasmanienne ne brille pas par la variété des instruments : nous n'y trouvons aucune arme de forme typique, pointes de lances ou de flèches à pédoncule, haches, poignards à manches, etc. ; mais à côté des éclats faiblement retouchés, décrits par M. Rutot, se trouvent de superbes instruments très bien taillés.

» En possession d'une collection de plus de huit cents instruments tasmaniens originaux, nous avons été étonné de la grande ressemblance existant entre cette industrie toute récente et notre très antique Moustérien.

» Le matériel tasmanien comprend de très nombreux racloirs qui n'ont rien à envier aux belles pièces du Moustier et de La Quina... Un bon nombre de ces instruments sont entièrement taillés sur une des deux faces, l'autre face ayant conservé son plan d'éclatement. Nous voilà donc loin des éclats quelconques utilisés et rejetés après emploi. »

J. Claerhout.

(1) M. Exsteens. *Note sur les instruments de pierre des Tasmaniens éteints.* Dans Bulletin de la Soc. d'Anthrop. de Brux., t. XXX, 1911, p. CCLXXXVI.

GÉOGRAPHIE

—

La navigation intérieure en Grande-Bretagne (1). — Dans les pays industriels du continent, il se fait entre les voies ferrées et les voies navigables comme un partage équitable au point de vue du trafic ; en *Grande-Bretagne* les chemins de fer sont les maîtres des transports intérieurs ; à lui seul le *Great Western Railway* transporte plus que tous les fleuves et canaux du Royaume. Depuis 1830 le développement des voies ferrées n'a fait que s'accentuer, tandis qu'il y a déclin pour les voies navigables, qui n'ont pas connu l'essor considérable de la batellerie que la prospérité de l'industrie a provoqué chez tant de nations dans le courant du XIXe siècle.

M. A. Demangeon recherche « les causes de cette situation dans les conditions naturelles, économiques et techniques » du réseau navigable, précise « l'état du réseau britannique par l'étude de sa composition et l'analyse de son trafic », et expose « les projets qui doivent lui rendre, avec plus d'homogénéité, avec des dimensions mieux adaptées aux besoins modernes, plus de valeur utile, plus de vie ».

I. Les conditions des voies navigables. — A. *Les conditions naturelles.* — Le relief n'entrave pas la circulation. C'est par des plaines et des plateaux peu élevés que communiquent entre eux les bassins de la *Mersey*, de la *Severn*, de la *Tamise* et du *Wash*, donc les régions où sont groupés les centres industriels, où pénètrent les grands estuaires commerciaux. La *Chaîne Pennine* elle-même laisse passer trois lignes de canaux joignant le district de *Liverpool* et de *Manchester* au district de *Goole* et de *Hull*, par *Leeds*, *Halifax* et *Huddersfield*.

Les obstacles à la navigation intérieure viennent de la nature même de l'hydrographie et de la configuration du pays. L'*Angleterre* ne connaît pas de grands fleuves comparables à ceux du continent, capables de porter de gros bateaux au delà des limites de la marée dans les estuaires et susceptibles de fournir de fortes masses d'eau pour alimenter les canaux.

D'autre part, et c'est là l'entrave la plus importante au développement de la batellerie, les *Iles Britanniques* sont profondé-

(1) A. Demangeon, Ann. de Géogr., XXIe année, 15 janv. 1912, pp. 40-49.

ment pénétrées de tous côtés par la mer. Aucun pays ne possède, proportionnellement à sa surface, une aussi grande longueur de côtes que l'*Angleterre* : 81 k. c. de superficie pour 1 k. de côte (217 en *France*, 425 en *Belgique*, 620 en *Allemagne*). Plus de 110 ports s'échelonnent sur ce littoral découpé. Nulle part la mer ne s'insinue aussi loin dans les terres, propageant l'heureuse influence de la marée : *Hull, Goole, Londres* sont situés à 32, 48, 64 k. dans l'intérieur ; nulle part non plus les têtes des estuaires, parfois opposés par leur situation, ne sont aussi rapprochées : elles relient par exemple *Londres* à *Bristol ; Liverpool* et *Manchester* à *Leeds*, *Bradford* et *Hull*. Grâce à cette situation, il n'y a pas une ville manufacturière qui soit à plus de 130 k. d'un port à marée, mais grâce à cette situation aussi les relations entre les différentes parties du pays se sont très anciennement établies et continuent à se faire par voie de mer. Le charbon de *Newcastle* vient à *Londres* par mer *(sea coal)*.

B. *Les conditions économiques.* — La révolution industrielle de la fin du XVIIIe siècle donna particulièrement l'essor à la navigation intérieure en *Grande-Bretagne*. La vie des usines impliquait le transport à bon marché de la houille. Cela n'était possible que grâce à la construction de canaux. Dès 1759 on se mit à l'œuvre ; au bout d'une trentaine d'années, les régions industrielles étaient parcourues par de nombreuses artères, et dès 1830 tout le réseau actuel était établi.

Des circonstances économiques ne tardèrent pas à arrêter l'essor des canaux anglais. Ceux-ci avaient l'énorme avantage de l'exactitude et de la sécurité sur le cabotage, pratiqué par les voiliers, que des vents contraires entravaient souvent dans leur marche. Mais voici venir l'emploi de la vapeur, et dès lors les steamers rendirent au cabotage sa supériorité, pendant que la concurrence des voies ferrées faisait la vie impossible aux canaux. Actuellement les Compagnies de chemins de fer sont maîtresses de plus du tiers du réseau navigable (1970 k. contre 3100 k. de voies indépendantes).

C. *Les conditions techniques.*—Construits par l'initiative privée de pièces et de morceaux, sans aucun plan d'ensemble, les canaux présentent, dans leur organisation, ces deux vices fondamentaux : la multiplicité des autorités auxquelles ils sont soumis, et l'absence d'uniformité de leurs dimensions. Dans ce système chaotique, contre lequel luttent, à force d'économie, les petits entrepreneurs et les modestes propriétaires de bateaux, il est impossible d'établir des tarifs généraux et d'organiser des trans-

ports à longue distance. Aussi les marchandises préfèrent-elles la voie ferrée.

II. Le réseau britannique de navigation intérieure. — A. *Répartition géographique des voies navigables.* — Sauf quelques artères isolées en *Écosse,* dans le *Pays de Galles* et dans l'*Angleterre Orientale*, elles constituent un réseau d'un seul tenant, dont le tracé s'est modelé sur la configuration physique. Deux groupes de canaux l'emportent de beaucoup sur les autres : le groupe des canaux des *Midlands*, ainsi que de ceux qui en rayonnent vers les estuaires de la *Mersey*, de la *Severn,* de la *Tamise*, du *Humber ;* ensuite le groupe des *canaux du Nord*, unissant le *Yorkshire* au *Lancashire.*

B. *Les canaux des Midlands.* — Autour de *Birmingham* et dans les districts industriels du *South Staffordshire* et de l'*East Worcestershire,* il existe un réseau compliqué de canaux, disposé en toile d'araignée sur la remarquable région houillère et métallurgique où se trouvent *Birmingham, Dudley, Wolverhampton, Walsall, Wednesbury.* Pour les alimenter, on amène l'eau des puits et des mines qu'on a pompée. Ce réseau central est uni à la *Severn,* par le *Worcester and Birmingham Canal* et par le *Staffordshire and Worcestershire Canal ;* à la *Tamise,* par l'*Oxford Canal*, par le *Grand Junction Canal,* auquel il faut ajouter le *Warwick and Napton Canal ;* le *Warwick and Birmingham Canal ;* à la *Mersey*, par le *Shropshire Union Canal* et le *Trent and Mersey Canal*, par l'intermédiaire du *Staffordshire and Worcestershire Canal.* Mais toutes ces voix rayonnantes, nous le savons déjà, n'ont rien à voir avec le système parfait des veines et artères d'un organisme vivant.

C. *Les canaux du Nord.* — Ce groupe comprend trois routes, reliant, en principe, *Liverpool* à *Goole :*

1° Par le *Leeds and Liverpool Canal* et par l'*Aire and Calder Navigation;* 260 kil. entre *Liverpool* et *Goole ;* 104 écluses ; altitude maxima, 145 mètres ;

2° Par le *Manchester Ship Canal* jusqu'à *Manchester*, le *Rochdale Canal* jusqu'à *Sowerby Bridge* près de *Halifax,* la *Calder* et l'*Hebble* jusqu'à *Wakefield*, l'*Aire* et la *Calder* jusqu'à *Goole ;* 209 kil.; 142 écluses ; altitude maxima, 179m80 ;

3° Par le *Manchester Ship Canal,* le *Rochdale Canal*, l'*Ashton Canal,* le *Huddersfield Canal*, la *Calder* et l'*Hebble* jusqu'à *Wakefield,* l'*Aire* et la *Calder* jusqu'à *Goole* ; 193 kil.; 147 écluses ; altitude maxima, 194m15.

Malgré le tracé de ces trois routes, mais en raison de leurs

dimensions différentes, le trafic reste confiné sur chaque versant, et le *Yorkshire* est en quelque sorte isolé du *Lancashire*.

D. *Les autres voies navigables.* — La *Tamise* est unie à la *Severn* par deux canaux :

1° le *Thames and Severn Canal*, 48 kil.; 44 écluses; un tunnel qui perd de l'eau par le fond, et qui, en fait, est abandonné ;

2° le *Kennet and Avon Canal*, propriété du *Great Western Railway*, 138 kil.; 106 écluses; ce canal, très peu profond, ne permet que des charges de 25 à 30 tonnes; aussi le trafic par eau entre *Londres* et *Bristol* est quasi nul; il était de 360 160 t. en 1848; il n'était plus que de 63 979 t. en 1905.

En *Écosse*, la seule artère de navigation intérieure, la *Forth and Clyde Navigation*, relie, sur la carte, la région d'*Édimbourg* à celle de *Glasgow*. Entre *Grangemouth* et *Bowling*, elle a de bonnes dimensions, avec un tirant d'eau de 2m05. Mais le *Monkland Canal*, qui l'unit à *Glasgow*, et l'*Union Canal*, qui la joint à *Édimbourg*, sont trop étroits; aussi le trafic a baissé de 3 millions de tonnes en 1867, à un million de tonnes en 1905.

Citons pour mémoire les voies navigables de l'Est, dans le bassin de la *Nen* et de l'*Ouse*, construites pour le drainage de ces Pays-Bas anglais. Le trafic est entravé par un inextricable système d'administrations.

E. *La nature du trafic.* — En raison des défectuosités de ces canaux, la navigation intérieure de la *Grande Bretagne* se caractérise par la faiblesse du trafic à longue distance et la prédominance du trafic local, qui naît sur la ligne et n'en sort pas. Sur les canaux les transports ne dépassent guère une distance de 80 kilomètres ; au delà ils se font par rail ou par mer. Les matières lourdes, et tout particulièrement la houille, sont surtout confiées aux voies navigables. En dehors des grains étrangers, celles-ci transportent très peu de produits agricoles ; ce fait est dû à ce que, le long des canaux, par suite du manque de hangars, la manutention des denrées agricoles est beaucoup plus difficile que dans les gares de chemins de fer ; ensuite à ce que tout le centre anglais, pays de pâture, produit essentiellement du bétail, du lait et du beurre, marchandises qui doivent préférer les vitesses de la voie ferrée.

III. Projets d'amélioration. — Pour donner satisfaction aux plaintes de l'industrie anglaise, établie dans les *Midlands* et qui prépare son exode vers les côtes, des projets d'amélioration sont à l'étude. La grande Commission constituée en 1906 et qui a publié 12 volumes de résultats, constate l'existence de deux

principaux systèmes de navigation intérieure : l'un orienté du S.-E. et du S.-W. vers le N.-W. et le N.-E. ayant son centre à *Birmingham* et communiquant avec les quatre estuaires de la *Tamise*, de la *Severn*, de la *Mersey* et du *Humber* (1742 k.) ; l'autre orienté E.-W. entre le *Yorkshire* et le *Lancashire*.

On propose de donner les mêmes dimensions aux quatre grandes voies qui se croisent près de *Birmingham ;* ces dimensions permettront d'admettre des bateaux soit de 100, soit de 300 tonnes. La dépense serait de 13 393 483 ou 24 513 823 livres sterling.

« Il serait aussi nécessaire de mettre fin à la multiplicité des administrations, d'englober toutes ces voies navigables sous la même autorité et de créer un Waterway Board. »

L'Année Cartographique. — Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie, dressé et rédigé sous la direction de F. Schrader.

Trois feuilles doubles de cartes en couleurs avec un texte explicatif au dos.

A. 20e année [1909] Paris, Hachette, octobre 1910. Feuille d'Asie : Mission Pelliot, *Oasis de Koutchar* (d'après les levés du Dr Vaillant) ; — *Asie centrale : Mongolie, Turkestan chinois, Chine.* (Itinéraires Pelliot ; de Lacoste ; Futterer) ; — Itinéraires du Dr J.-W. Brooke au *Sé-Tchouen ;* — *Tian-Chan, Pamir* et *Tibet septentrional.* (Itinéraires Prinz ; — Schultz ; — Zugmayer) ; — Voyages d'exploration au *Kachmir* (Itinéraires de M. et Mme Workman ; — de Langstaff) ; — *Presqu'île de Malacca* (Frontière anglo-siamoise d'après le traité du 10 mars 1909).

La carte du *Sé-Tchouen occidental* est une importante contribution à la cartographie de cette partie de la *Chine.* Non moins considérable est le levé exécuté par le Dr Gyula Prinz de Budapest, soit de la région du *Karatach* situé au S.-W. de *Kachgr ;* soit des *Monts Koktun* et *Kara-Téké*, et d'un grand nombre de vallées ; la plupart de ces régions étaient totalement inconnues, au moins au point de vue orographique.

M. de Lacoste et ses collaborateurs, qui se sont occupés surtout d'archéologie, ont pu constater une fois de plus que la *Mongolie du Nord* est un immense plateau de 1300 à 1400 mètres d'altitude, d'une tristesse et d'une monotonie désespérantes. On y retrouve à chaque étape le même paysage, la même habitation en feutre, les mêmes collines dénudées qui se succèdent comme des vagues devenues immobiles.

M. le médecin-major Vaillant consacre une longue et intéressante notice aux travaux géographiques de la mission d'exploration archéologique de l'*Asie centrale,* placée sous la direction de M. P. Pelliot. D'une façon générale ces travaux ont consisté en un levé d'itinéraire fait à la boussole, appuyé sur vingt-sept stations astronomiques, ainsi que dans des levés plus détaillés des oasis de *Koutchar, Chah-Yar* et *Sa-Tchéou.* Cet itinéraire, dont les grandes lignes sont fixées, sauf quelques détails à rectifier, dans la carte russe dite à 40 verstes, cet itinéraire part de *Kachgar*, au pied du *Pamir,* et aboutit à *Tchen-Tchéou,* sur la ligne du chemin de fer de *Pékin-Han Kéou.* Jusqu'à son entrée en *Chine* proprement dite, la route traverse des régions désertiques : le *Takla-Makan* au S. des *Tian-Chan (Monts célestes) ;* les *monts de Humboldt*, enfin le *Gobi*, au N. du *Nan-Chan*, à partir du *Ngan-Si.*

Sur la pente assez douce, qui longe les *Tian-Chan* sur une trentaine de kilomètres de largeur, on ne voit que galets ; puis s'étale la grande plaine désertique où la dénivellation est presque nulle. Les rivières divaguent en se constituant plusieurs lits ; appauvris, ils dégénèrent en marais intermittents, que le vent sec de ces régions ne tarde pas à faire évaporer, et se tapissent d'une couche de sel tenue en dissolution dans l'eau ; pour toute végétation, nous n'avons ici que le tamaris. Au milieu du désert et grâce aux vents dominants, qui trouvent à transporter des masses énormes de fines particules, il y a parfois des étendues couvertes de dunes, hautes de 5 à 6 mètres dans la plaine, mais beaucoup plus élevées dans le voisinage des montagnes. La formation de ces déserts remonte bien au delà de la période historique ; s'ils progressent, ils le doivent non seulement au climat, mais aussi aux luttes qui ensanglantèrent la région. La preuve est faite, car les oasis se développent là où la tranquillité s'est implantée. Mais quels patients travaux d'irrigation s'imposent, pour que la végétation maintienne toute sa vigueur !

Du côté du désert, entre *Maral-Bachi* et *Ak-sou,* les *Monts célestes* ont des contreforts en partie dénudés, formés de rochers aux arêtes aiguës ; puis viennent, à l'altitude de 2000 mètres et pour autant que les pentes ne soient pas trop raides, de vastes steppes où Kirghises et Mongols viennent paître leurs troupeaux. A 4200 mètres au-dessus du niveau de la mer seulement on rencontre des neiges éternelles ; leur pauvreté contraste avec l'abondance qui les caractérise sur le versant N. du bastion montagneux, du côté de la *Dzoungarie.* En janvier ces pentes

septentrionales sont couvertes de masses neigeuses et les forêts de sapins, qui couronnent la plupart des arêtes, témoignent aussi qu'en été ce sol n'est pas complètement desséché ; sur le versant Sud au contraire, il n'y a ni neige, ni sapin.

Plus à l'Est, à partir de 79° long. E. environ, jusque *Tourfan* au moins, dépression qui se trouve au-dessous du niveau de la mer, les contre-forts font place à des avant-monts, véritables chaînes, à peu près parallèles entre elles et aux hauts sommets des *Tian-Tchan ;* elles ont parfois une centaine de kilomètres et limitent de larges vallées longitudinales, où les fleuves pérégrinent et où la vie se réfugie dans une série d'oasis. C'est absolument la situation des *Alpes*. Dans les massifs qui se dressent au N. de *Koutchar* (41°42'5' N ; — 80°33'5 E. de P.), se trouvent les principaux gisements de cuivre de la région, ainsi que des mines de charbon, dont les plus célèbres sont celles du *Zamatch-Tagh*. Ces massifs, très disloqués, sont les ruines d'un plateau, dont la partie encore debout, s'étendait jadis jusqu'aux pieds des *Tian-Chan*. Ils doivent leur conformation actuelle au travail de l'érosion, qui a parsemé d'énormes masses de galets le désert de *Takla-Makan*. C'est au confin du désert, à l'est de *Kourla* et de *Karachar* (42°35 N ; — 84°30'25 E. de P.), que s'est formé le *Bagratch-Koul,* vaste lac, tributaire du *Tarim,* et où l'on pêche des poissons de plus d'un mètre vingt.

De *Kami*, extrémité Est des *Tian-Chan*, à *Sa-Tchéou*, au pied du *Nan-Chan* (48°89 N ; — 92°16'55 E. de P.), on traverse une région complètement désertique — dans la partie dite « *Monts de Humboldt* ». On y rencontre de nombreux chaînons parallèles les uns aux autres, dont la direction générale est N.-E. S.-W. et dont l'altitude ne dépasse pas 1500 mètres. Malgré ces mouvements de terrains, on peut considérer qu'entre les *Tian-Chan* et le *Nan-Chan,* qui atteignent près de 4000 mètres, il existe un vaste couloir qui permet aux vents venant, selon la saison, soit de *Mongolie*, soit du *Lob-Nor*, de passer sans pour ainsi dire rencontrer d'obstacle.

Au S. de *Sa-Tchéou,* se dressent des dunes qui peuvent compter parmi les plus hautes connues : elles s'élèvent à près de 300 mètres au-dessus du niveau de la plaine. Le vent a accumulé ces masses sableuses contre des avant-monts parallèles au *Nan-Chan :* l'épaisseur de cette formation est d'environ 15 kilomètres.

Six croquis sont portés sur la Feuille d'Amérique : *Frontière Péruano-Bolivienne,* 1909 ; — le *chemin de fer transandin,*

exploité depuis le 5 avril 1910 ; il permettra de franchir en 36 heures les 1400 kilomètres qui séparent les deux capitales. — *Progrès des voies ferrées au Brésil, dans l'Argentine et en Uruguay.* C'est grâce à ce réseau que les ressources économiques des États sud-américains se développent ; bientôt les chemins de fer brésiliens (20 000 k.), qui sont déjà reliés à ceux de l'*Uruguay* (2500 k.), rejoindront les rails de la *République Argentine* (25 000 k.).

Les trois derniers croquis sont consacrés, l'un à la *découverte du Pôle-Nord, par le Commander Peary, 1909 ;* les deux autres à l'*expédition antarctique du « Pourquoi Pas? »*, commandée par le Dr Charcot, et aux *Terres reconnues par l'expédition et relevées par le Commandant Bongrain, second de l'expédition.* D'après la commission de spécialistes constituée à l'Université de *Copenhague*, les documents, fournis par le Dr Cook, ne prouvent pas qu'il ait atteint le *pôle* ; la copie de ses carnets notamment ne contient pas les calculs des observations, mais simplement leurs résultats. Pour le Commander Peary, au contraire, les trois savants, chargés d'examiner ses notes scientifiques, ont proclamé qu'il avait atteint le *Pôle boréal,* le 6 avril 1909 ; toutefois son expédition n'enrichit pas la cartographie terrestre ; il semble même que le nom de Peary brillera d'un moins vif éclat dans l'histoire des explorations boréales, que celui de Nansen, qui sut discerner et vérifier avec une capacité admirable les lois de la physique du globe dans ces régions si obstinément fermées.

L'expédition du Dr Charcot, si féconde au point de vue scientifique : océanographie, hydrographie, géologie, météorologie, zoologie, botanique, etc., a donné, sous le rapport cartographique, des résultats tout aussi brillants. Cent-vingt milles de terres nouvelles ont été relevés.

De l'île *Déception (Shetlands du Sud),* où le « Pourquoi Pas? » était arrivé le 22 décembre 1908, le Dr Charcot rallia la *Terre Loubet*, découverte par lui en 1905, et prolongea sa route vers S.-W., c'est-à-dire dans l'inconnu. La côte continuait à s'étendre dans cette direction, et fut relevée jusqu'à l'*île Adélaïde*, terre autrefois signalée (1832) par le baleinier anglais Biscoe, mais beaucoup plus étendue qu'on ne le supposait depuis cette époque.

Poursuivant le relevé hydrographique de la côte, qui se prolonge toujours vers le S.-W., les explorateurs constatent que la *Terre Alexandre Ier*, vue en 1821 par Bellingshausen, et le lambeau de côte vu par la Belgica en 1898, se trouvent rattachés à la *Terre de Graham.* Un grand blanc est ainsi effacé jusqu'à près

du 69° Long. W. La découverte des côtes au delà de la *Terre Alexandre Ier* augmente l'étendue de l'*Antarctide* américaine vers l'W., et il est permis de conclure à la jonction de cette bordure continentale avec la *Terre du Roi Edouard VII* et la *Terre Victoria*.

Le « Pourquoi Pas ? » s'est avancé dans la direction de l'W. jusqu'à 126° W. de P.

Nous relevons sur la *Feuille d'Afrique :* une *Esquisse hypsométrique du Soudan occidental;* — la *Mauritanie du Nord* (d'après la carte du cap. Gerhardt, et des lieuts Gouspy et Mugnier-Pollet); — les *Régions au N.-E. du lac Tchad* (d'après les levés de la Mission Tilho; ceux des officiers du *cercle de Bilma (Kaouar)*, et les reconnaissances du lieut Ferrandi); — la *Région frontière de l'Ouganda du S.-W.* (d'après les travaux des commissions mixtes de délimitation Anglo-Allemande (1902-04) et Anglo-Belge (1907-08); — la *Rhodésia du N.-W. et le Katanga méridional* (d'après les travaux récents anglais et belges).

Nous épinglons, dans la notice de M. M. Chesneau, quelques données intéressantes.

Au *Sahara*, le mont *Tozat*, dans la région d'*Admer*, a une altitude de 2020 mètres; — *In Ghezzan* est le seul point d'eau entre l'*Air*, l'*Adrar*, le *pays des Aouellimiden* et le *Ahaggar;* c'est le point de croisement de toutes les routes de la région.

Parti de la *Guinée française* en 1909, M. A. Chevalier a parcouru la ligne de partage des eaux qui court entre le bassin du *Niger* et ceux des fleuves coulant vers le Sud. Les sources de plusieurs d'entre eux *Makona*, *Saint-Paul*, *Sassandra*, etc., ont été déterminées. Aux environs de *Begla*, le pays est totalement déboisé sur un rayon de plus de 15 kil. et constitue un excellent pays d'élevage. La chaîne montagneuse de *Naba (Monts Nimba* de d'Ollone), paraît être la plus élevée de toute l'*Afrique occidentale française*. Les parois de la chaîne sont presque verticales et le sommet principal atteint 1646 mètres.

Au lieu d'être constitué, comme les autres massifs montagneux que la mission Chevalier a précédemment étudiés, par des masses de gneiss, de granit ou de diabase épargnées par l'érosion, le *Mont Naba* montre un véritable soulèvement formé par des schistes bruns rougeâtres inclinés de 45 à 90° sur l'horizon. La direction de la chaîne est sensiblement W.-E., mais à son extrémité orientale elle s'incurve pour devenir S.-W.-N.-E. Elle donne naissance au *Cavalla* et au *Nuon*, que les explorateurs

considèrent comme le cours supérieur, soit du *Rio Cestos*, soit de la rivière *St-John*.

Mettant à profit les résultats de bons nombres d'explorations, M. Chesneau s'est efforcé de tracer une esquisse hypsométrique du *Soudan occidental*. « Le relief de l'*Afrique occidentale*, dit-il, est encore très mal connu, et, dans bien des régions, les indications qu'on possède sont des plus vagues. Il est vrai que, comme le fait observer M. Chudeau, nulle part on n'y observe de véritables chaînes de plissement comparables aux *Alpes* ou aux *Pyrénées;* depuis les temps primaires l'*Afrique*, sauf à ces deux extrémités, en *Berberie* et au *Cap*, est restée assez stable. L'érosion a eu largement le temps de faire disparaître les antiques reliefs datant de ces âges éloignés et c'est à grand'-peine que la géologie parvient à en reconnaître quelques lambeaux. Cependant, les importants phénomènes orogéniques qui, pendant le tertiaire, ont donné naissance à l'*Atlas* et aux principales chaînes de l'*Eurasie*, ont eu leur contre-coup plus au Sud. Quelques compartiments de l'écorce terrestre ont été surélevés, permettant à l'érosion de rajeunir les formes topographiques et de sculpter les plateaux gréseux si fréquents au *Soudan*. Les mêmes mouvements ont donné naissance à des fractures de l'écorce par où sont venues au jour des roches éruptives dont l'accumulation a contribué par place *(Mounyo, Aïr)* à créer des reliefs. Cette dernière cause est d'ailleurs peu importante et, dans son ensemble, l'*Afrique occidentale*, comme tout le reste du continent, est un pays de plateaux. » Cette structure tabulaire se remarque très bien sur la carte hypsométrique où l'on voit la ligne de 500 mètres former plusieurs massifs sans liens bien définis entre eux.

A l'Ouest, le *massif du Fonta Djalon*, centre hydrographique des plus importants, s'étageant en gradins et dont les plus hauts sommets n'atteignent pas 1200 mètres, est continué, presque immédiatement vers le Sud et vers l'Est, par le plateau étendu où serpente la ligne de partage des eaux entre le bassin du *Niger* et les fleuves côtiers : *St-Paul, Cavally, Sassandra, Bandama, Comoï, Volta*, etc... C'est sur ce plateau, d'altitude assez médiocre, où les géographes plaçaient autrefois la fameuse chaîne des *montagnes de Kong* que se dresse, dans les monts *Nimba* ou *Naba*, le sommet qui semble le plus élevé de tout le *Soudan Français :* 1646 mètres (voir plus haut, mission Chevalier). Deux autres pointements s'y font remarquer : le *mont Mina* (950 mètres), au sud de *Sikasso*, et le *pic des Komono* (1450 m.),

au nord est de *Kong*. Au nord de ce massif tabulaire se découpe le *plateau de Bandiagara*, dont la partie la plus élevée est constituée par les *montagnes de Hombori*, qui ne dépassent pas 1000 mètres. Entre ces plateaux et la *chaîne de l'Atakora*, qui s'aligne à 500 kilomètres plus à l'Est, dans une direction Nord-Nord-Est, Sud-Sud-Ouest, on ne rencontre, dans le *Mossi*, que quelques rares élévations, dont une des plus importantes paraît être le *pic de Naouri* (600 mètres environ), auquel on donnait autrefois une altitude trois fois plus considérable.

L'*alignement de l'Atakora*, large de 5 à 80 kilomètres, qui, sous différents noms, s'étend depuis le *Niger* jusqu'à quelque distance au nord d'*Akra*, sur le *golfe de Guinée*, a probablement des sommets culminants qui approchent de 1000 mètres, dans la colonie allemande du *Togo*.

Au nord de *Lagos*, un plateau peu important sépare les eaux du *Niger* des petits fleuves côtiers de la *baie de Bénin*.

Entre le *Yoobé* et la *Bénoué* s'étend un grand plateau assez peu étudié encore, dont les points les plus élevés semblent se dresser vers son rebord méridional et oriental : *Monts Claud* (1696 m.) et montagnes dominant *Marona*.

Au nord ce plateau est séparé des plateaux anciens de l'*Adrar*, des *Iforhas* et de l'*Aïr*, par une vaste plaine où se dressent, près de *Tahoua* et de *Zinder*, quelques massifs tabulaires peu importants. Au sud de la *Bénoué* s'élèvent les premiers escarpements du haut plateau de l'*Afrique centrale*. Les *monts Chebchi* (2000 m.) au sud-ouest de *Yola*, les *monts de Manengouba* (2400 m.) au nord du *mont Cameroun*, ce mont lui-même (4055 m.) sont les points les plus saillants de cette partie du plateau qui réapparaît avec le pic volcanique de *Clarence* (2850 m.) dans l'*île de Fernando Po*.

Nous devons à la commission mixte anglo-congolaise (chefs respectifs major R. G. T. Bright ; — comd[t] Bastien), chargée de la délimitation de l'*Ouganda* et du *Congo belge*, la configuration tout à fait nouvelle du *lac Albert-Édouard ;* il s'appellera à l'avenir *lac Édouard*, afin d'éviter une confusion avec le *lac Albert*. L'extension N.-E. du *lac Édouard*, qui constitue une nappe d'eau reliée à la première par un canal assez long et fort étroit, prendra désormais le nom de *lac George*.

D'après les calculs de la susdite commission mixte, l'altitude du sommet culminant du *Rouwenzori*, le *pic Marguerite*, est de 5118[m]81. Le duc des Abruzzes l'avait fixée à 5065[m]16, et le capitaine Behrens à 5125[m]21.

B) 21e année [1910]. Paris, Hachette, octobre 1911. Feuille d'Asie, *Turkestan chinois et Kan-Son* (Itinéraires du Dr M. Aurel Stein, et de R. B. Lal Singh et R. S. Ram Singh, 1906-1908); — *Partie ouest du Turkestan russe* (Itinéraires de M. D. Carruthers, 1908); — *Itinéraires de l'expédition Kozloff en Mongolie et au Kan-Son*; — *Tibet oriental et Chine occidentale*; — *Arabie du Nord-Est* (Itinéraires du capne G. E. Leachman, 1910).

Il résulte des constatations du Dr Stein, que la limite orientale du bassin fermé du *Turkestan*, dont la principale artère fluviale est le *Tarim*, doit être reportée du 92e au 99e long. E. de G.

Entre *Taou* et *Litang* (30e N.), M. J. Bacot a traversé le plateau de *Nyarong*, de 5000 m. d'altitude; il est coupé par le *Ya-Long*, affluent du *Yang-tse*, qui y creuse un sillon de 2500 m. de profondeur. Plus à l'W, il a traversé un plateau moins élevé, mais plus accidenté, puis il a pénétré dans les vallées des quatre grands fleuves de l'*Asie méridionale* : *Yang-tse*, *Mékong*, *Salouen*, *Irrawaddi*. La branche maîtresse de ce dernier fleuve, qui est la plus longue, est sa branche orientale; elle a sa source à 5300 m. d'altitude, dans un glacier, situé dans le voisinage de *Djrongou*.

Dans l'*Arabie du N.-E.*, le capne Leachman a découvert l'*Ouadi el Khar* et l'*Ouadi el Hisib*. Le premier semble se diriger de l'oasis de *Djouf* vers *Nedjef*. La découverte est importante, car elle prouve qu'entre *Nedjef* et *Djouf* on peut trouver de l'eau à des intervalles réguliers. L'*Ouadi el Hisib* présente le même intérêt.

Les croquis suivants figurent sur la Feuille d'Afrique : *Itinéraire* levé par N. Villatte (1909), à travers le *Sahara Central* (d'*In salah* au *Niger* par l'*Ahaggar*); — *Kordofan*, d'après les travaux anglais les plus récents; — *Zone frontière anglo-allemande (Nigeria-Cameroun), entre la rivière Cross et Yola*, d'après les travaux de la Commission de délimitation (1907-1909); — *La frontière germano-belge dans l'Afrique orientale* (convention du 11 août 1910); *Liberia*, explorations de MM. W. Volz et C. Braithwaite-Wallis; — *Liberia*, frontière franco-libérienne, d'après les travaux de la Commission de délimitation (1903-1909). — Dans le texte se trouve un croquis de la frontière tuniso-tripolitaine, accord franco-turc du 19 mai 1910.

Dans la notice qui accompagne la Feuille d'Afrique, M. M. Chesneau donne des détails sur plusieurs chemins de fer, sur des faits politiques, sur des explorations.

La mission Périquet, chargée d'étudier un projet de voie

ferrée destinée à relier la *Sangha* à *Libreville*, a reconnu, en 1910, une région fort intéressante; un de ses traits les plus caractéristiques est l'existence d'une arête à chute brusque vers le bassin de l'*Ogooué*, qui fut constatée sur divers points de la ligne de partage des eaux entre les affluents de l'*Ogooué*, et les bassins du *Ntem*, du *Woleu*, de la *Ngoko* et du *Como*. Cette arête présente plusieurs cols peu élevés.

D'après le Cap. Tilho, le *Tchad* est une dépression fermée de vaste étendue, mais de faible profondeur, tout à fait indépendante des grands tributaires de l'Océan *Atlantique* ou de la *Méditerranée*. Sa profondeur moyenne est de 1m50. Ses rives sont imprécises, car leur pente est si faible que la moindre variation dans le niveau des eaux suffit à submerger ou à faire émerger de vastes étendues de terrain. Les variations dans le niveau des eaux du lac sont presque entièrement dues à des causes d'ordre météorologique ; tantôt les apports des affluents prédominent sur l'évaporation, tantôt, au contraire, c'est celle-ci qui est la plus forte. Le niveau moyen du lac a été estimé à 243 mètres.

La pente du terrain, au sud et à l'ouest du *Tchad*, est nettement marquée par le sens de ses affluents ; il n'en est pas de même dans les régions situées à l'est et au nord, où n'existe aucun tributaire. Des observations recueillies par les reconnaissances chargées d'élucider ce problème, il résulte que :

1° Le *Kanem* avec les régions qui en dépendent (*Chittati*, *Lilloa*, *Manga*), est une plaine, dont le niveau est sensiblement le même que celui du lac. Ce pays se présente donc sous l'apparence d'un ancien archipel d'un plus grand Tchad.

2° Le *Bahr el Ghazal* est une plaine dans laquelle se distingue un sillon continu large de 100 à 400 mètres. La nappe liquide, tantôt souterraine et tantôt à fleur de sol, est sensiblement au même niveau que les eaux du *Tchad*. Mais l'exploration du *Bahr el Ghazal* n'a pas été poussée au delà de *Fantrassou*.

3° Le lac *Fittri* est un bassin fermé, alimenté seulement par des pluies locales. Les eaux ne sont pas salées ; il se trouve à 258 mètres d'altitude, soit à 15 mètres au-dessus du *Tchad* ;

4° L'*Eguei* est une plaine troublée, chaotique, où les dunes s'entrecroisent sans ordre. L'eau souterraine, très saumâtre, est presque à fleur de sol ; le niveau moyen de cette nappe est à 11 mètres au-dessous de la nappe du *Tchad*, soit à 232 mètres d'altitude ;

5° Le *Toro*, région située à trois jours de marche dans la

région dénudée et absolument sans eau qui s'étend au nord-est de l'*Egueï*, a le même aspect que ce dernier pays. Il communique sans doute par le *Djérab* avec le *Bahr el Ghazal*. L'eau, encore plus saumâtre si possible que celle de l'*Egueï*, est à fleur de sol et l'altitude de sa nappe est à 183 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à 60 mètres au-dessous du niveau du *Tchad* ;

6° Le *Koron*, à une étape au nord-est du *Toro*, a sa nappe aquifère à 1 ou 2 mètres de profondeur ; l'altitude de celle-ci est de 158 mètres, soit 85 mètres au-dessous du *Tchad*.

Le *Tchad* n'est donc pas le point le plus bas de l'immense plaine dont il occupe le centre. Cette plaine s'abaisse de l'ouest vers l'est d'une pente uniforme et très faible, 1/5000 environ.

La Feuille d'Amérique n'est formée que de quatre croquis : le premier et le quatrième présentent le plus vif intérêt : *Les explorations de 1910 dans la Bolivie septentrionale et le Matto-Grosso* (expédition du Major P. H. Fawcett, du Colonel Candido Rondous, du Dr Th. Herzog, etc.). — *Le Rio Uaupes*, affluent du *Rio Negro* (bassin septentrional de la rive droite de l'*Amazone)*, d'après le levé de Hamilton Rice ; — *Du Rio Negro à Bogota* (itinéraire de Hamilton Rice) ; — *Paraguay*, d'après la carte de Félix Ladouce.

Dans sa notice M. V. Huot attire particulièrement l'attention sur les itinéraires de M. le professeur Sievers, à travers les *Andes péruviennes*. Ils se croisent à hauteur de 10° S. entre *Huaraz* au N. et le *Cerro de Pasco*, au S. D'après l'explorateur, il faut abandonner l'idée que la *Cordillère* est divisée en trois chaînes : occidentale, centrale et orientale. Tout au plus pourrait-on considérer la chaîne basse entre le *Huallaga* et l'*Ucayali* comme une chaîne distincte. Le massif entre le rio *Huallaga* et la côte ne semble former qu'un seul bloc. Malgré quelques variations dans les altitudes et quelques diversités dans la composition des roches, il n'y a pas juxtaposition de deux grandes chaînes ; le haut *Marañon*, qui descend dans son couloir d'érosion élevé, extrêmement étroit entre des parois très abruptes, ne sépare pas deux chaînes de structure différente, comme le fait, par exemple, le rio *Magdalena* coulant dans sa large vallée. Même la profonde vallée du rio *Santa*, plus large que celle du *Marañon* qui sépare les *cordillères Blanca* et *Negra*, n'est qu'un accident secondaire dans l'ensemble de la *cordillère péruvienne ;* dès lors il n'y a qu'une seule grande chaîne principale dans le *Pérou* moyen septentrional.

Par l'aspect superficiel de la région des sources, par la latitude et l'altitude comme par l'abondance et la rapidité du débit, on doit considérer comme la véritable branche originaire de l'*Amazone*, l'émissaire du *Lauricocha* qui sort de ce lac en véritable rivière, au courant rapide et abondant. Le bassin des sources mêmes qui alimentent le *Lauricocha* est situé à plus d'un demi-degré en amont de cette nappe, par 4800 mètres d'altitude environ, immédiatement au-dessus de la *Lagune de Santa Ana*, le véritable lac-source du *Marañon*. Celui-ci a son origine au pied d'un sommet neigeux, le *San Lorenzo*, à 2 ou 3 kilomètres en amont de cette lagune de *Santa Ana*. Après avoir traversé ce bassin, le torrent saute un seuil de 35 mètres de hauteur et tombe dans le *Caballo Cocha*, d'où il sort pour former encore deux petits lacs, assez rapprochés des deux autres.

Le rio *Vaupes* ou *Caiary* est l'un des plus importants cours d'eau de l'énorme appareil hydrographique constitué par l'*Amazone ;* sa source ne se trouve pas dans les *Andes*, à 145 kilomètres au S. de *Bogota*, mais au S. de la *Sierra Tunuhy* ou *Tunahi*, où le *rio Unilla* constitue la branche-mère du *Vaupes*.

La Tripolitaine (1). — De toute l'*Afrique du Nord*, la *Tripolitaine* est la contrée la moins connue. Seule sa ligne de côtes a été l'objet de levés réguliers. Quant à son vaste *hinterland*, la littérature géographique comme la documentation cartographique sont des plus pauvres.

De l'Est à l'Ouest la *Tripolitaine* s'étend sur 1500 kilomètres et du Nord au Sud, entre la *Méditerranée* et le *Sahara*, sur 1150 kilomètres environ. La superficie varie de 800 000 à 1 500 000 kilomètres carrés, suivant qu'on y comprend ou non l'oasis de *Koufra*, pratiquement indépendante.

Ce n'est pas une unité géographique ; il y a trois régions naturelles : la *Tripolitaine*, comprise entre la frontière tunisienne et le golfe de *Sidra ;* le plateau de *Cyrénaïque*, limité au Sud par le désert libyque ; les oasis.

La côte tripolitaine est basse et sablonneuse, d'où manque de ports naturels. Celui de *Tripoli* est le seul qui ait quelque importance ; mais il n'est pas protégé contre les rafales du Nord-Est.

Dans la partie de la côte comprise entre la frontière tunisienne et le cap *Misrata* (58 m. d'altitude), s'étend la plaine de *Jefara*,

(1) Par J. Assade. La Géographie, t. XXV (15 mars 1912), pp. 185-192, et une figure.

large de 60 à 120 kilomètres et ayant tous les caractères d'un steppe ; seule une mince bande le long du rivage possède de la végétation, grâce à la fertilité du sol et aux précipitations. Il en résulte un alignement de petites oasis; la plus importante est *Misrata* (9000 habitants) ; autour de *Tripoli,* la zone fertile s'élargit, et la Meshia compte 5 kilomètres du Nord au Sud, entourant la capitale (!) d'une immense palmeraie ; il s'y trouverait un million de palmiers, d'après Barth : les oasis de *Zanzour* et de *Tadjoura* en posséderaient 300 000.

Le climat de la région côtière n'est guère connu que pour *Tripoli*. La moyenne de la température de juin à octobre est supérieure à 20° C.; pendant les six autres mois elle atteint 10° minimum. La température monte souvent d'une façon extraordinaire, grâce au vent du Sud *(ghibli) ;* il souffle surtout en juin, mais semble sévir une bonne trentaine de jours par an ; il charrie beaucoup de sable. Les heures pénibles en été, à *Tripoli*, sont entre 9 et 11 heures du matin.

Le régime des pluies est méditerranéen, donc hivernal. La quantité observée à *Tripoli* serait de 439,2 mm. en moyenne, répartie sur 51,5 journées, de novembre à décembre. L'été est très sec : en 1902, d'avril à septembre, il n'y a eu que deux jours de pluie.

Le reste de la *Jefara* est couvert de dunes, dont le sable est apporté du *Sahara* par le *ghibli,* et entre lesquelles il y a quelques pâturages pour chameaux.

Les montagnes, à 60 ou 120 kilomètres de la côte, sont la continuation du *Tell* algéro-tunisien ; elles ont leur versant Nord raide, celui du Sud en pente douce. Ce sont les rebords faillés du plateau saharien. On y rencontre quelques maigres oasis. Le point le plus élevé est le *Djebel Nekout*, cratère éteint de près de 910 mètres de hauteur. Insensiblement au Sud le pays passe au désert pierreux *(hamada).*

La *Tripolitaine* est peuplée de Berbères sédentaires, qui cultivent le sol ou gagnent leur vie à *Tripoli ;* on estime leur nombre à 300 000. Dans les parties steppiques vivent 50 000 Arabes nomades. Onze mille Juifs sont établis dans le pays, surtout à *Tripoli*, qui compte 50 000 habitants, distribués par race et par quartier. Les tapis fabriqués avec une herbe du pays constituent la principale industrie.

La partie orientale de la *Tripolitaine* ou *désert des Syrtes* est à mettre à part. L'intérieur du pays présente le même aspect que la côte. C'est le désert de sable, au climat surchauffé, sans

aucune ville ; la petite oasis de *Medina es Soldan* se trouve à la côte.

La *Cyrénaïque* est la large avancée de terre entre les golfes de *Sidra* et de *Solum ;* elle a une hauteur moyenne de 200 à 500 mètres ; elle mesure 100 à 125 kilomètres du Nord au Sud, 180 à 190 kilomètres de l'Est à l'Ouest ; soit une superficie de 22 000 kilomètres carrés.

Ce vaste plateau calcaire tertiaire est resté en place au milieu de régions appauvries ; il a une épaisseur d'au moins 1000 mètres, et est perméable comme un crible. A la surface du plateau, on ne trouve pas un seul cours d'eau permanent.

Les conditions climatériques sont celles du monde méditerranéen, mais avec de brusques variations sur le plateau. La sécheresse extrême entrave tout progrès économique ; la nature du sol d'ailleurs rend impossible l'irrigation. La flore riche et variée a des affinités méditerranéennes ; elle diffère de celle de la *Tripolitaine* qui est plutôt saharienne. Les cultures ont un domaine assez restreint.

Les ports de *Benghazi* et de *Derna* sont quelconques ; ceux de *Bomba* et surtout *Tobronk* ont une très grande valeur. Schweinfurth compare à *Bizerte*, la baie de *Tobronk*, qui a au moins trois kilomètres et demi de développement Nord-Est sur un et demi de largeur.

La population totale de la région est de 150 000 âmes environ ; ce sont des Berbères et des Arabes mélangés.

Les oasis forment trois groupes principaux : l'*oasis de Ghadamès*, à l'Ouest, celles du *Fezzan* proprement dit, celles des *Senoussis* à l'Est autour de *Konfra*.

Ghadamès (*Cydamus* des anciens) a toujours été un point de passage pour les caravanes. L'oasis mesure 1500 mètres sur 1600 ; la palmeraie couvre 70 à 75 hectares, et renferme environ 25 000 plants ; elle est peuplée par 400 Berbères, Arabes ou Nègres affranchis.

A la bordure Sud de l'*Hamada-el-Homra* commencent les oasis du *Fezzan*. Elles sont bordées au Sud-Est par le plateau du *Tasili*. On y compte 40 000 habitants ; le pays ne les nourrissant pas, ils se rendent à *Tripoli* ou à *Tunis* comme négociants ou domestiques. *Monrzonk* est la capitale des oasis.

Les *oasis de Konfra* comprennent celles du désert libyque au Sud de la *Cyrénaïque ;* on en compte au moins cinq importantes. Elles sont le domaine propre du grand ordre musulman des

Senoussis. Cet archipel de verdure s'étend du 26° au 24° Nord et du 21° au 24° long. Est.

La majeure partie de la population vit dans l'oasis principale *Chebabo*. Au milieu de l'oasis se dresse la *Zaouia* ou couvent des Senoussis.

Le climat est très chaud (40° C. [!]) et l'eau abondante ; elle entretient une végétation de plus d'un million de palmiers.

L'importance de la *Tripolitaine* résultait surtout de sa situation par rapport aux quatre routes du commerce transsaharien. Mais actuellement le commerce est en pleine décadence. Reste donc, pour relever la *Tripolitaine* de sa déchéance, l'agriculture. Le problème est gros de difficultés, mais la Métropole saura le résoudre, grâce aux ressources que la science mettra à sa disposition.

FERN. VAN ORTROY.

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

—

Flore du Congo. — La flore de la partie nord-orientale du Congo belge a été jusque dans ces derniers temps peu explorée. Jusqu'à l'expédition importante du Prince de Mecklenburg on ne pouvait se baser pour décrire cette flore que sur les indications de nos spécialistes, officiers ou ingénieurs qui avaient passé dans la région. La « Deutsche Zentral-Afrika Expedition » de 1907-1908, qui a pu grouper sous la direction du Prince de Mecklenburg une série d'hommes compétents, a rapporté de la région des hautes montagnes et des lacs, de la région du Haut-Ituri, une série de documents de grande valeur.

Nous voudrions insister ici sur les quatre fascicules qui forment actuellement le volume « Botanique » et qui sont édités sous la direction du Dr Mildbraed, le chef de la partie botanique de l'Expédition (1).

(1) *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika Expedition 1907-1908 unter Führung Ad. Fr. Herzogs zu Mecklenburg*, Bd. II Botanik. Herausgegeben von Dr J. Mildbraed, 4 fasc. 420 p., XLVI planches, Leipzig 1910-1911, Klinkhardt et Biermann.

Il ne nous est pas possible, cela formerait une trop grande étude, de donner la liste de plantes nouvelles pour le Congo, ni même de celles qui, trouvées sur notre territoire, sont nouvelles pour la science. Elles sont en très grand nombre, mais si la proportion des nouveautés est considérable, il faut faire remarquer aussi que le chiffre total des récoltes est énorme, il dépasse pour le territoire congolais 2500. Ce chiffre est fort beau, car peu de collections botaniques congolaises ont atteint un tel nombre surtout quand elles s'étendent sur une partie réduite du territoire, qui forme, comme l'ont démontré les recherches de la Mission, à peu près une seule et même zone naturelle.

Pour arriver à mener à bien la détermination de cette collection, M. Mildbraed s'est entouré de collaborateurs spécialistes qu'il a aisément pu trouver parmi ses collègues du Jardin botanique de Berlin, où ses collections botaniques ont été déposées.

Pour le Congo belge les principaux centres de récolte ont été la région nord-ouest du Kivu, qui n'avait guère fourni de documents botaniques, la région du Lac Albert-Édouard dont la côte occidentale n'avait pas été explorée au point de vue botanique, la région de Beni à l'est du Congo, frontière avec l'Afrique orientale anglaise et toute la zone de l'Ituri-Aruwinii : Irumu, Mawambi, Avakubi.

On sait que les observations de M. le Dr Mildbraed le portent à admettre que la flore de la forêt centrale congolaise, qui se continue vers l'est au delà de la Semliki, a la plus grande analogie avec celle du Cameroun, ce qui amène pour l'auteur allemand la conclusion que depuis le Cameroun à l'ouest jusqu'à l'Afrique orientale anglaise à l'est, jusque dans la région de Kasai au sud, s'étend une seule région botanique : la grande forêt tropicale toujours verte.

Nous croyons cependant que dans la région de l'Ituri, la grande forêt tropicale est réduite à des rideaux forestiers, plus ou moins épais, et nous sommes persuadé que cette grande forêt tropicale n'est pas, dans le Congo, aussi compacte qu'on l'a fréquemment dit et écrit, et qu'en outre elle est rarement vierge.

Cependant, comme le montrent les énumérations des plantes, plusieurs types qui paraissaient spéciaux au Cameroun, ou à la forêt centrale congolaise, se retrouvent dans l'est et souvent nous avons cité comme exemple le *Funtumia elastica* qui commence sa distribution dans l'ouest de l'Afrique pour la finir dans la

forêt de l'Afrique orientale anglaise, en même temps que finit la forêt tropicale.

Cet ouvrage qui se trouve à la base de l'étude de la flore de toute la partie boréale-orientale du Congo est accompagné d'une belle série de planches hors texte et d'un certain nombre de figures dans le texte, qui dans leur ensemble représentent plus d'une cinquantaine d'espèces nouvelles pour la science, la plupart appartenant à la Flore du Congo.

Nous félicitons vivement le Dr Mildbraed et ses collaborateurs d'avoir poussé aussi loin l'étude des matériaux rapportés par l'expédition du Prince de Mecklenburg, nous regrettons, comme Belge, que ces collections si intéressantes; soient à peu près uniques et doivent être conservées à Berlin.

Cultures tropicales. — Nous avons été souvent amené à parler de la valeur culturale des cocotiers.

La publication toute récente du beau livre de MM. H. H. Smith et F. A. G. Pape, nous force à revenir sur le même sujet qui est d'ailleurs d'actualité (1).

La littérature du cocotier est considérable et certes elle augmentera encore, car tout n'a pas été dit sur cet intéressant palmier qui est appelé à mettre en valeur des capitaux et des terrains.

Depuis quelques années, Anglais et Américains ont reconnu qu'il y avait dans l'exploitation de cette essence une vraie mine, et c'est la raison qui a fait réunir, en un volume, par MM. H. H. Smith et P. Pape, la documentation qu'ils avaient accumulée et dont les sommaires avaient paru dans le Tropical Life que M. H. H. Smith dirige depuis plusieurs années avec autorité.

M. W. H. Lever a écrit pour ce livre une préface très adéquate, sur laquelle nous n'avons pas à insister bien qu'elle soit capable de faire saisir au lecteur ce que peut produire une plantation qui n'exige pas une immense mise de fonds.

Nous ne pourrions pas non plus nous étendre, comme nous le voudrions, sur le livre lui-même, dont la matière est répartie en une trentaine de chapitres.

Les auteurs ont publié en tête du texte un synopsis très intéressant du contenu, qui est mieux qu'une table des matières ; et

(1) H. H. Smith and F. A. G. Pape, *Coco Nuts, The Consols of the East*, London, Great Titchfield Street, Oxford Street W., 1912, 1 vol. in-8°, 506 pp., nombreuses figures dans le texte.

pour donner une idée un peu précise du livre il faudrait, au moins, reproduire ce synopsis, ce que nous ne pouvons faire, car il s'étend lui-même sur une douzaine de pages.

Il y a cependant quelques points sur lesquels nous tenons à insister parce qu'ils sont de la plus haute importance et qu'ils montrent que si les auteurs considèrent cette culture comme largement rentable, ils tiennent à faire bien voir que là aussi il faut des soins pour arriver à un résultat.

Parmi ces points à mettre en vedette il y a celui qui se rapporte au choix des noix destinées à former la pépinière d'où seront extraites les jeunes plantes à mettre en place définitive. Les auteurs insistent sur la sélection, non seulement des jeunes plantes, mais sur celle des fruits. Il faut les choisir dans des conditions spéciales, il ne s'agit pas de les prendre au hasard, il faut chercher une plantation en plein rendement, se trouvant autant que possible dans des conditions analogues à celles que l'on veut établir. Il faut éviter de prendre les fruits dans des plantations où règnent des maladies, et on ne doit pas s'imaginer que les grosses noix de coco soient les meilleures pour le semis.

D'autres prescriptions, très judicieuses, sont encore signalées et les planteurs auront intérêt à les suivre à la lettre, car nous estimons que c'est dans le choix des fruits destinés à la reproduction, plus peut-être que dans celui du terrain, que gît le succès d'une plantation.

Une autre question sur laquelle les auteurs insistent est celle des plantations intercalaires, qu'ils conseillent de faire au début dans toutes les plantations de cocotiers. Il est à noter qu'une des plantes que MM. Smith et Pape considèrent comme les mieux appropriées comme « catch crop » est le *Coffea robusta,* notre Caféier congolais, dont on a dit tant de mal chez nous et contre la culture duquel on s'est si souvent élevé en Afrique.

Il ne faut pas que nous signalions ici la multiplicité des produits que ce palmier est capable de donner; cet ouvrage illustré ne s'occupe pas seulement de la culture et des produits du cocotier d'une façon générale, mais il examine les conditions de la production dans les principales régions du globe où ce palmier a acquis actuellement une certaine importance.

Par cet aperçu très superficiel que nous venons de donner on peut sommairement juger de la valeur de cette œuvre qui sera la bienvenue dans les milieux de langue anglaise et qui sera lue et compulsée avec intérêt, par tous ceux qui s'occupent ou désirent s'occuper de plantation du cocotier.

Les planteurs de cette essence deviendront de jour en jour plus nombreux, car, nous ne pourrions assez le répéter, il y a place sur le marché pour une grande quantité de matière grasse, l'industrie en absorbant journellement des doses plus considérables.

Le Brésil en 1911. — Sous ce titre, M. J.-C. Oakenfull a publié récemment la 3e édition d'un livre sur le Brésil, conditions politiques, physiques et économiques (1). Nous pensons qu'il est utile de signaler ce livre tout en regrettant de ne pouvoir nous étendre sur cet ouvrage comme il le mériterait, surtout en ce moment où une lutte si vive se déchaîne entre le Brésil, grand producteur de caoutchouc dans ses forêts, et les planteurs caoutchoutiers de l'est. Il serait en effet bien nécessaire de pouvoir se faire une idée nette et précise du Brésil, qui est un pays d'avenir et dont les progrès économiques ont été immenses dans ces dernières années.

Le Brésil est un pays éminemment varié qui est capable de produire des matières les plus diverses, ce n'est pas, comme on a semblé vouloir l'insinuer parfois, un pays qui se soutient uniquement par une production.

Certes il manque parfois des fonds dans les entreprises brésiliennes, parfois aussi la main-d'œuvre n'est pas à la hauteur de la tâche qu'elle devrait accomplir, mais ce sont là des faits que l'on retrouve ailleurs.

L'auteur a cherché à démontrer, dans les 400 pages qui constituent le livre, que dans presque toutes les industries il y a beaucoup à faire au Brésil, non seulement au point de vue de la satisfaction d'une demande locale, mais même à celui de l'exportation.

Une énumération des principales matières traitées d'une façon détaillée occuperait déjà plusieurs pages.

Nous ne pouvons songer à la produire pour démontrer la valeur de l'opinion de M. Oakenfull.

Ajoutons que de nombreuses et fort belles photographies illustrent cet intéressant volume.

Plantes alimentaires. — M. le Prof. H. Jumelle a publié une intéressante brochure qui s'occupe de plantes alimentaires,

(1) *Brazil in 1911*, J.-C. Oakenfull, february 1912. Butler et Tanner. *Frome and London*, 1 vol. in-16, 395 pages.

choses des plus intéressantes dans la mise en valeur des colonies, car sans nourriture saine, tant pour le personnel noir que pour les chefs blancs, la colonisation durable n'est pas possible.

L'auteur, bien connu par ses travaux antérieurs sur le même sujet ou des sujets analogues, s'occupe des sagoutiers, du manioc, des arrow-roots, des bananiers à fécule, du riz et du maïs, du sorgho et des mils (1). Un grand nombre de plantes qui sont capables non seulement de fournir des produits à usage local, mais encore largement exportables et capables même de rémunérer grandement les capitaux utilisés judicieusement pour leur culture.

Les explosifs dans l'agriculture tropicale. — L'emploi des explosifs est de la plus grande utilité dans les pays tropicaux où la main-d'œuvre est rare et par suite précieuse, et il nous semble utile de faire remarquer que cette question à laquelle on accorde, dans notre colonie et dans les concessions que les Belges ont obtenues à l'étranger, trop peu d'intérêt, a été traitée par des Belges et qu'elle a fait en dehors de la Belgique l'objet de recherches nombreuses.

Signalons le petit volume que M. J. Malengreau a publié sur la fabrication et l'emploi des explosifs au Congo et dans les pays tropicaux (2), et où il insiste sur l'économie qui peut résulter de l'emploi des explosifs pour l'abatage des arbres et l'arrachage des souches.

D'après les études qui ont été faites dans divers pays, l'action des explosifs a non seulement comme résultat direct l'enlèvement facile des souches nuisibles à la bonne culture, comme cela est démontré très nettement en Malaisie dans la culture des *Hevea*, mais aussi de remuer les couches plus profondes du sol que les instruments aratoires ordinaires ne peuvent atteindre.

La firme Nobel de Glascow et les « Cahncitwerke » de Nürnberg ont à diverses reprises insisté sur ces faits, et ils ont produit des photographies montrant, très nettement, les résultats rapides de cette méthode de préparation du terrain.

(1) H. Jumelle, *Plantes à fécule et céréales*, Paris, J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, 1912, 1 vol. in-16, 108 p., 35 fig.

(2) *Fabrication et emploi des explosifs au Congo et dans les pays tropicaux*, par J. Malengreau, officier d'artillerie retraité, Bruxelles, 1912, Ramlot, éditeur, rue Grétry.

Nos sociétés de culture travaillant au Congo et dans d'autres colonies, auraient donc le plus grand intérêt à se tenir au courant de cette question qu'ils trouveront résumée dans la brochure de M. J. Malengreau et dans les publications de la « firme Nobel » et des « Cahucitwerke ».

É. D. W.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT-DEUXIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXII DE LA COLLECTION

Livraison de Juillet 1912

QUELQUES FAITS DE TRANSFORMISME EXPÉRIMENTAL, par **M. le Dr H. Lebrun** 5

QUELQUES PROBLÈMES IMPORTANTS DE LA LUTTE ACTUELLE CONTRE LA TUBERCULOSE, par **M. le Dr Heymans** . . 34

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES *(suite et fin)*, par **M. Pierre Duhem** . . 42

L'UNITÉ DE LA DETTE PUBLIQUE ET LES GRANDES RÉGIES, par **M. le Cte Louis de Lichtervelde**. 90

LA VALENCE CHIMIQUE *(suite)*, par **M. P. Bruylants** . . 109

LA PORTÉE PRATIQUE DES RECHERCHES D'ANTHROPOLOGIE PÉNITENTIAIRE, par **M. le Dr Vervaeck** 147

L'ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 17 AVRIL 1912, par les **PP. Lucas** et **F. Willaert** 187

VARIÉTÉS.—I. *Les méthodes modernes d'éclairage électrique*, par **M. M. Demanet** 226

II. *La carte aéronautique internationale*, par **M. le Bon G. de Béthune** 234

BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les principes de l'analyse, par R. d'Adhémar, **G. V.** 238

II. Cours de mathématiques supérieures, par l'abbé Stoffaes, **M. O.** 240

III. Leonardi Euleri Opera Omnia, série III, vol. 3 et 4, **H. Bosmans, S. J.** 242

IV. Les carrés d'Euler (Problème des officiers), par A. Margossian, **B. L.** 245

V. I. Le calcul des Probabilités, par H. Poincaré; II. Le calcul des Probabilités et ses applications, par E. Carvallo ; III. Le calcul des probabilités, par L. Bachelier, **M. O.** 247

IV. Mesure des angles. Hyperboles étoilées et développante, par D. Gautier, **M. O.** 253
VII. Géométrie rationnelle, par G. B. Halstet, **M. O.** 254
VIII. Paul Tannery. Mémoires scientifiques, T. I., **H Bosmans, S. J** 256
IX. Gaston Darboux. Éloges académiques et discours, **T. N.** 259
X. Mécanique générale, par A. Flamant, **J. T.** . . 266
XI. Cinématique appliquée et Mécanismes, par L. Jacob, **Ph. du P.** 278
XII. J.-B. Delambre. Grandeur et figure de la Terre, **H. Bosmans, S. J.** 280
XIII. O. D. Chwolson. Traité de Physique, deuxième édition, T. I., vol. I, **J. T.** 287
XIV. I. Principes de la technique de l'éclairage, par L. Block ; II. Les lampes électriques, par H. Pécheur, **F. W.** 288
XV. Notions fondamentales d'analyse qualitative, par V. Thomas et D. Gautier, **H. D. G.** 289
XVI. Tables annuelles de constantes et de données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, **X.** 292
XVII. Jean Mascart. Impressions et observations dans un voyage à Ténériffe, **H. B.** 293
XVIII. I. La Sismologie moderne. Les Tremblements de terre, par de Montessus de Ballore ; II. Volcans et tremblements de terre, par A. de Lapparent, **J. T.** 295
XIX. Propriétés optiques des muscles, par F. Vlès, **L. B** 299
XX. Les merveilles de la vie végétale, par A. Acloque, **I. T.** 302
XXI. International catalogue of scientific literature, **N. N.** 302
XXII. L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Les Merveilles du corps humain, par L. et P. Murat, **L. R.** 303
XXIII. Bibliographie économique, **É. D. W.** . . . 304
Revue des recueils périodiques.
Sylviculture, par **C. de Kirwan** 313
Sciences médicales, par le Dr **J. Boine** 328
Physique industrielle, par **C. Gillet.** 332
Botanique économique, par **É. D. W.** 341

Livraison d'Octobre 1912

AUGUSTE BEERNAERT, **la Rédaction** 1
HENRI POINCARÉ, par **M. le Vte Robert d'Adhémar** . . 349
L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER ET LE PARLEMENT, (1897-1911), par **M. le Cte Louis de Lichtervelde** . . . 386
LA LUTTE CONTRE LE SURMENAGE ET LA FATIGUE INTELLECTUELLE, par **M. J. J. Van Biervliet** 412
APERÇU SUR LES RÉCENTES MÉTHODES DE CATALYSE ET LEURS APPLICATIONS, par **M. J.-B. Senderens** 447
CHRISTOPHE COLOMB, LES DIVERSES PHASES DE SA VIE D'APRÈS LA LÉGENDE ET L'HISTOIRE, par **M. F. Van Ortroy**. . 506
LA VALENCE CHIMIQUE *(suite et fin)*, par **M. P. Bruylants**. 535
LÉON DE LANTSHEERE, SOUVENIRS, par **M. Éd. Van der Smissen** 564
VARIÉTÉS. — I. *Galilée ou Huygens ? A propos d'un épisode de la première application du pendule aux horloges,* par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** . . . 573
II. *L'espace, l'âme et l'évolution*, par **M. C. de Kirwan** 586
BIBLIOGRAPHIE. — I. Œuvres de Fermat, par MM. Paul Tannery et Charles Henry, t. IV, **H. Bosmans S. J.** 600
II. Éléments de la Théorie des intégrales abéliennes, par M. Tikhomandritzki, **Paul Mansion** . . . 604
III. Science et Philosophie, par Jules Tannery, **Paul Mansion** 608
IV. Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum, von J. L. Heiberg, **P. M.** . 616
V. Précis d'optique, par Marcel Boll, t. II, **N. N.** . 618
VI. Passage de l'Électricité à travers les Gaz, par J. J. Thomson, traduit de l'anglais par R. Fric et A. Faure, **N. N.** 622
VII. Mémoires sur l'Électricité et l'Optique, par A. Potier, publiés et annotés par A. Blondel, **N. N.** 624
VIII. Notes sur la Physique et la Thermodynamique, par E.-H. Amagat, **E. O.** 629
IX. Bibliothèque de l'Observatoire royal de Belgique. Catalogue, fasc. III, par A. Collard, **H. B.** . . 631
X. Algemeine Botanik, von Dr A. Nathansohn, **J. Maréchal, S. J.** 631

XI. A travers la Mauritanie occidentale, par A. Gruvel et R. Chudeau, **É. D. W.** 633
XII. Dans notre Empire noir, par Rondet-Saint, **É. D. W.** 634
XIII. Lebensbedingungen und Vegetationsverhaltnisse der Mittelmeerländer und der Atlantischen Inseln, von Dr M. Rikli, **É. D. W.** 636
XIV. La politique de réforme sociale en Angleterre. Conférences de l' « Eighty Club », **V. Fallon, S. J.** 638
XV. Cursus Philosophiae naturalis, par J. de la Vaissière, **F. Jansen, S. J.** 640
XVI. Das Vergleichen und die Relationserkenntnis, von A. Brunswig, **J. Maréchal, S. J.** 644
XVII. Fra Agostino Gemelli. La Lotta contro Lourdes et, du même auteur, Ciò che rispondono gli avversarî di Lourdes, **L. R.** 646
Revue des Recueils périodiques.
Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans, S. J.** 648
Ethnographie, par **J. Claerhout** 663
Géographie, par **Fern. Van Ortroy** 673
Botanique économique, par **É. D. W.** 690

Imp. Fr. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXII — 20 JUILLET 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J. Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

LIVRAISON DE JUILLET 1912

I. — QUELQUES FAITS DE TRANSFORMISME EXPÉRIMENTAL, par **M. le Dr H. Lebrun**, p. 5.

II. — QUELQUES PROBLÈMES IMPORTANTS DE LA LUTTE ACTUELLE CONTRE LA TUBERCULOSE, par **M. le Dr Heymans**, p. 34.

III. — LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES *(suite et fin)*, par **M. Pierre Duhem**, p. 42.

IV. — L'UNITÉ DE LA DETTE PUBLIQUE ET LES GRANDES RÉGIES, par **M. le Cte Louis de Lichtervelde**, p. 90.

V. — LA VALENCE CHIMIQUE *(suite)*, par **M. P. Bruylants**, p. 109.

VI. — A PROPOS DU TABAC AU CONGO BELGE, par **M. É. De Wildeman**, p. 147.

VII. — LA PORTÉE PRATIQUE DES RECHERCHES D'ANTHROPOLOGIE PÉNITENTIAIRE, par **M. le Dr Vervaeck**, p. 166.

VIII. — L'ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 17 AVRIL 1912, observée au laboratoire du Collège N.-D. de la Paix, à Namur, par les **PP. D. Lucas et F. Willaert**, p. 187.

IX. — VARIÉTÉS. — I. *Les méthodes modernes d'éclairage électrique*, par **M. M. Demanet**, p. 226. — II. *La carte aéronautique internationale*, par **M. le Bon G. de Béthune**, p. 234.

X. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les principes de l'analyse, par R. d'Adhémar, **G. V.**, p. 238. — II. Cours de mathématiques supérieures, par l'abbé E. Stoffaes, **M. O.**, p. 240. — III. Leonardi Euleri opera omnia. Série III, vol. 3 et 4, **H. Bosmans, S. J.**, p. 242. — IV. Les carrés d'Euler (Problème des officiers), par A. Margossian, **B. L.**, p. 245. — V. I. Le Calcul des probabilités, par H. Poincaré. II. Le Calcul des probabilités et ses applications, par E. Carvallo. III. Calcul des probabilités, par L. Bachelier, **M. O.**, p. 247. — VI. Mesure des angles. Hyperboles étoilées et dévelopante, par D. Gautier, **M. O.**, p. 253. — VII. Géométrie rationnelle, par G. B. Halsted, **M. O.**, p. 254. — VIII. Paul Tannery. Mémoires scientifiques, T. I., **H. Bosmans, S. J.**, p. 256. — IX. Gaston Darboux. Éloges académiques et discours, **T. N.**, p. 259. — X. Mécanique générale, par A. Flamant, **J. T.**, p. 266. — XI. Cinématique appliquée et Mécanismes, par L. Jacob, **Ph. du P.**, p. 278. — XII. J.-B. Delambre. Grandeur et figure de la terre, **H. Bosmans, S. J.**, p. 280. — XIII. O. D. Chwolson. Traité de physique, deuxième édition, tome I, volume I, **J. T.**, p. 287. — XIV. I. Principes de la technique de l'éclairage, par L. Block. II. Les Lampes électriques, par H. Pécheur, **F. W.**, p. 288. — XV. Notions fondamentales d'analyse qualitative, par V. Thomas et D. Gautier, **H. D. G.**, p. 289. — XVI. Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie, **X.**, p. 292. — XVII. Jean Mascart. Impressions et observations dans un voyage à Ténériffe, **H. B.**, p. 293. — XVIII. I. La Sismologie moderne. Les Tremblements de terre, par De Montessus de Ballore. II. Volcans et tremblements de terre, par A. de Lapparent, **J. T.**, p. 295. — XIX. Propriétés optiques des muscles, par F. Vlès, **L. B.**, p. 299. — XX. Les Merveilles de la vie végétale, par A. Acloque, **J. T.**, p. 302. — XXI. International catalogue of scientific literature, **N. N.**, p. 302. — XXII. L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Les Merveilles du corps humain, par L. et P. Murat, **L. R.**, p. 303. — XXIII. Bibliographie économique, **É. D. W.**, p. 304.

XI. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Sylviculture, par **C. de Kirwan**, p. 313. — Sciences médicales, par le Dr **J. Boine**, p. 328. — Physique industrielle, par **C. Gillet**, p. 332. — Botanique économique, par **É. D. W.**, p. 341.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : **T. I.** Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XtX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série.**

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXII — 20 OCTOBRE 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J. Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

LIVRAISON D'OCTOBRE 1912

I. — AUGUSTE BEERNAERT, la **Rédaction**, p. I.

II. — HENRI POINCARÉ (1854-1912), par **M. le Vte Robert d'Adhémar**, p. 349.

III. — L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER ET LE PARLEMENT (1897-1911), par **M. le Cte Louis de Lichtervelde**, p. 386.

IV. — LA LUTTE CONTRE LE SURMENAGE ET LA FATIGUE INTELLECTUELLE, par **M. J. J. Van Biervliet**, p. 412.

V. — APERÇU SUR LES RÉCENTES MÉTHODES DE CATALYSE ET LEURS APPLICATIONS, par **M. J.-B. Senderens**, p. 447.

VI. — CHRISTOPHE COLOMB, LES DIVERSES PHASES DE SA VIE D'APRÈS LA LÉGENDE ET L'HISTOIRE, par **M. F. Van Ortroy**, p. 506.

VII. — LA VALENCE CHIMIQUE *(suite et fin)*, par **M. P. Bruylants**, p. 535.

VIII. — LÉON DE LANTSHEERE, SOUVENIRS, par **M. Éd. Van der Smissen**, p. 564.

IX. — VARIÉTÉS. — I. *Galilée ou Huygens? A propos d'un épisode de la première application du pendule aux horloges*, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.**, p. 573. — II. *L'Espace, l'Ame et l'Évolution*, par **M. C. de Kirwan**, p. 586.

X. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Œuvres de Fermat, publiées par MM. Paul Tannery et Charles Henry. Tome IV, **H. Bosmans, S. J.**, p. 600. — II. Éléments de la Théorie des intégrales abéliennes, par M. Tikhomandritzki, **Paul Mansion**, p. 604. — III. Science et Philosophie, Jules Tannery, **Paul Mansion**, p. 608. — IV. Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum, von J. L. Heiberg, **P. M.**, p. 616. — V. Précis d'optique, par Marcel Boll, tome II, **N. N.**, p. 618. — VI. Passage de l'Électricité à travers les Gaz, par Sir J. J. Thomson, traduit de l'anglais par R. Fric et A. Faure, **N. N.**, p. 622. — VII. Mémoires sur l'Électricité et l'Optique, par A. Potier, publiés et annotés par A. Blondel. **N. N.**, p. 624. — VIII. Notes sur la Physique et la Thermodynamique, par E. H. Amagat, **E. O.**, p. 629. — IX. Bibliothèque de l'Observatoire royal de Belgique, Catalogue, Fasc. III, par A. Collard, **H. B.**, p. 631. — X. Allgemeine Botanik, von Dr A. Nathansohn, **J. Maréchal, S. J.**, p. 631. — XI. A Travers la Mauritanie occidentale, par A. Gruvel et R. Chudeau, **É. D. W.**, p. 633. — XII. Dans notre Empire noir, par Rondet-Saint, **É. D. W.**, p. 634. — XIII. Lebensbedingungen und Vegetationsverhaltnisse der Mittelmeerländer und der atlantischen Inseln, von Dr M. Rikli, **É. D. W.**, p. 636. — XIV. La Politique de Réforme sociale en Angleterre. Conférences de l' « Eighty Club ». **V. Fallon, S. J.**, p. 638. — XV. Cursus Philosophiae naturalis, par J. de la Vaissière, **F. Jansen, S. J.**, p. 640. — XVI. Das Vergleichen und die Relationserkenntnis, von A. Brunswig, **J. Maréchal, S. J.**, p. 644. — XVII. Fra Agostino Gemelli, La Lotta contro Lourdes, et du même auteur Ciò che rispondono gli avversari di Lourdes, **L. R.**, p. 646.

XI. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans, S. J.**, p. 648. — Ethnographie, par **J. Claerhout**, p. 663. — Géographie, par **Fern. Van Ortroy**, p. 673. — Botanique économique, par **É. D. W.**, p. 690.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XtX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** % ; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

xelles
-88523

AMNH LIBRARY
100226272